



東北地域における直播水稻の登熟特性と収量・品質 関連形質

著者	吉永 悟志, 白土 宏之, 長田 健二, 福田 あかり, 中林 光文, 横山 裕正, 木村 利行, 日影 勝幸, 小田中 温美, 浅野 真澄, 三上 雄史, 島津 裕雄, 木川 裕美, 三浦 恒子, 若松 一幸, 山川 淳, 井上 由紀, 浅野目 謙之, 中山 芳明, 島宗 知行, 鈴木 幸夫, 木田 義信, 佐々木 園子
雑誌名	東北農業研究センター研究報告
巻	109
ページ	41-82
発行年	2008-03-01
URL	http://doi.org/10.24514/00001218

doi: 10.24514/00001218

研究資料

東北地域における直播水稻の登熟特性と収量・品質関連形質

吉永 悟志^{*1)}・白土 宏之^{*1)}・長田 健二^{*1)}・福田あかり^{*1)}
 中林 光文^{*2)}・横山 裕正^{*2)}・木村 利行^{*2)}・日影 勝幸^{*3)}
 小田中温美^{*4)}・浅野 真澄^{*5)}・三上 雄史^{*5)}・島津 裕雄^{*5)}
 木川 裕美^{*5)}・三浦 恒子^{*6)}・若松 一幸^{*6)}・山川 淳^{*7)}
 井上 由紀^{*7)}・浅野目謙之^{*7)}・中山 芳明^{*8)}・島宗 知行^{*9)}
 鈴木 幸夫^{*9)}・木田 義信^{*10)}・佐々木園子^{*10)}

抄 録：東北地域における水稻直播栽培の収量・品質の安定化に資するため、東北6県の農業試験研究機関および東北農業研究センターでは、2004～2006年に「水稻直播栽培における登熟向上要因の解明」に関する連絡試験を実施し、直播水稻の登熟関連特性や収量・品質関連形質を調査して移植水稻との特性比較を行った。各地の試験において、直播栽培では移植栽培と比較して粉数が減少し、平均で10%程度の収量性の低下が認められたが、登熟歩合の低下は認められず、千粒重は増大する傾向が確認された。粉数の減少は穂数あるいは1穂粉数の減少によるが、1穂粉数の減少が顕著であった調査地においては、2次枝梗着生粉の割合が減少することで登熟や玄米品質の安定化に有利になることが示唆された。一方、直播栽培による出穂期の遅れにともなう登熟気温の低下により、一部地域では高温登熟の回避による整粒歩合の向上が確認された。また、直播栽培において白米アミロース含有率が増加したものの、その程度は小さく、食味への影響は小さいことが示唆された。今後は、これらの知見をもとに、直播栽培の収量および品質安定化のための栽培法の確立につなげる必要がある。

キーワード：収量、水稻、直播、登熟、東北、品質

Grain Filling Properties and Characteristics of Yield and Grain Quality of Direct-seeded Rice (*Oryza stiva* L.) in Tohoku District : Satoshi YOSHINAGA^{*1)}, Hiroyuki SHIRATSUCHI^{*1)}, Kenji NAGATA^{*1)}, Akari FUKUDA^{*1)}, Mitsufumi NAKABAYASHI^{*2)}, Hiromasa YOKOYAMA^{*2)}, Toshiyuki KIMURA^{*2)}, Katsuyuki HIKAGE^{*3)}, Atsumi ODANAKA^{*4)}, Masumi ASANO^{*5)}, Yushi MIKAMI^{*5)}, Hiro SHIMAZU^{*5)}, Hiromi KIKAWA^{*5)}, Chikako MIURA^{*6)}, Kazuyuki WAKAMATSU^{*6)}, Atsushi YAMAKAWA^{*7)}, Yuki INOUE^{*7)}, Noriyuki ASANOME^{*7)}, Yoshiaki NAKAYAMA^{*8)}, Tomoyuki SHIMAMUNE^{*9)}, Yukio SUZUKI^{*9)}, Yoshinobu KIDA^{*10)} and Sonoko SASAKI^{*10)}

- * 1) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Yotsuya, Daisen, Akita 014-0102, Japan)
- * 2) 青森県農林総合研究センター (Aomori Prefectural Agriculture and Forestry Research Center, Kuroishi, Aomori 036-0522, Japan)
- * 3) 岩手県農業研究センター (Iwate Agricultural Research Center, Kitakami, Iwate 024-0003, Japan)
- * 4) 岩手県立農業大学校 (Iwate Agricultural Junior College, Kanegazaki, Iwate 029-4501, Japan)
- * 5) 宮城県古川農業試験場 (Miyagi Prefecture Furukawa Agricultural Experiment Station, Osaki, Miyagi 989-6227, Japan)
- * 6) 秋田県農林水産技術センター農業試験場 (Akita Prefectural Agriculture Fishery and Forestry Research Center, Akita, Akita 010-1231, Japan)
- * 7) 山形県農業総合研究センター (Yamagata Prefectural Agricultural Research Center, Yamagata, Yamagata 990-2372, Japan)
- * 8) 山形県置賜総合支庁 (Yamagata Prefecture Okitama Area General Branch Administration Office Government, Takahata, Yamagata 999-2174, Japan)
- * 9) 福島県農業総合センター (Fukushima Agricultural Technology Center, Koriyama, Fukushima 963-0531, Japan)
- * 10) 福島県農業総合センター浜地域研究所 (Hama-dori Research Center, Fukushima Agricultural Technology Center, Soma, Fukushima 979-2542, Japan)

2007年12月3日受付、2008年3月3日受理

Abstract : The characteristics of yield and grain quality of direct-seeded rice in Tohoku region was investigated under “a cooperative experiment for analysis of grain filling properties in direct-seeded rice”. The experiment was carried out at the prefectural agricultural experiment stations in the Tohoku district and at the National Agricultural Research Center for Tohoku region, in order to clarify the constraints for stabilization of yield and grain quality in the direct-seeding cultivation from 2004 to 2006. The yield of direct-seeded rice decreased about 10% due to decrease in the total number of spikelets, compared to that of transplanted rice, although grain filling rate did not decrease and weight of 1000 grains increased in direct-seeded rice. In case of the decrease in the total number of spikelets derived from lower number of spikelets per panicle in direct-seeded rice, the lower percentage of spikelets at 2nd rachis branch on the panicle, which is favorable for stabilization of the grain quality, was shown. And it is suggested that the direct-seeding cultivation is effective for the higher percentage of perfect grains because of the lower temperature at ripening period due to the delay of heading time. Furthermore, although the amylose content of grains in direct-seeded rice increased, the difference with that in transplanted rice was smaller than that affect on the taste quality. Hereafter, it is important to improve the cultivation method on the basis of knowledge in the experiment.

Key Words : Direct-seeding, Grain quality, Rice, Ripening, Tohoku region, Yield

目 次	
1. 青森県における直播水稻の登熟関連特性と 収量・品質関連形質……………	43
2. 岩手県における直播水稻の登熟関連特性と 収量・品質関連形質……………	49
3. 宮城県における直播水稻の登熟関連特性と 収量・品質関連形質……………	55
4. 秋田県における直播水稻の登熟関連特性と 品質関連形質の移植水稻との比較……………	62
5. 山形県における直播水稻の登熟関連特性と 収量・品質関連形質……………	66
6. 福島県における湛水直播水稻の登熟関連特 性と収量・品質関連形質……………	69
7. 福島県における乾田直播水稻の登熟関連特 性と収量・品質関連形質……………	73
8. 東北地域における直播水稻の登熟特性と品 質関連形質の特徴……………	77

青森県における直播水稻の登熟関連特性と収量・品質関連形質

I はじめに

青森県において水稻直播栽培（以後、直播栽培）が本格的に取り組まれるようになって約10年が経過し、2007年に直播栽培面積（主に湛水直播）は約140haとなったが、東北各県と比較するとかなり少ない状況である。直播栽培の普及が進まない理由として、①鳥害、②残草、③出穂の遅れ、④出芽・苗立ち不良、及びこれらを原因とする収量の不安定性が挙げられる。当県において現行の奨励品種を使用して直播栽培を行う場合、その出穂期は移植栽培と比較して7～10日程度遅れ、年次によっては登熟障害、収量・品質の低下を伴うことがある。直播栽培の普及には、収量・品質の安定化を図ることが重要であるが、今回は出穂後の気象（気温）が直播栽培の収量・品質に与える影響について検討した。

II 材料と方法

2004～2006年にゆめあかり、つがるロマンを用い、移植・直播栽培の作期移動試験を当センター境公園場で実施した。主な耕種概要は以下のとおりである。

1. 耕種概要

1) 作期（移植日または播種日）

移植：2004～2005年は5/13、5/20、5/27の3作期、2006年は5/12、5/19、5/26の3作期、計9作期

直播：2004年は4/26、5/6、5/17の3作期、2005年は4/26、5/6、5/16の3作期、2006年は4/26、

5/8、5/16の3作期、計9作期

2) 移植・播種方法

移植：24.2株/m²、1株4本手植え、中苗（乾籾100g/箱、35日苗、2004～2005年はハウス畑育苗、2006年はハウス置床遮断育苗）

直播：湛水土中条播（播種深度約1cm）、条間30cm、播種量は作期によって変更、催芽種子に乾籾重の1倍重相当のカルパーコーティング、播種後出芽揃まで落水管理を実施、各年次の作期別播種量、苗立数、播種後落水日数は表1のとおり

3) 施肥量（N成分量kg/a、基肥＋幼穂形成期追肥）

移植：2004～2006年とも0.6+0.2

直播：2004年は0.6+0.2、2005～2006年は0.8+0.2

2. 調査項目

1) 出穂、登熟気温及び収量関連について

栽培方法及び気象条件が各年次・作期の生育ステージ、収量、収量構成要素等に与える影響について比較・検討した。なお、統計検定は分散分析法を用いた。

2) 玄米品質関連について

品質関連形質の分析は東北農業研究センターが担当し、米選後の玄米タンパク含有率を近赤外分光光度計（Infratec1241 フォス・ジャパン社製）を用いて測定するとともに、外観品質および玄米粒形は品質判別器（RQI10A サタケ社製）により調査した。また、精米後の粉碎サンプルの白米アミロース

表1 直播栽培における各年次・作期の播種量・苗立数・播種後落水管理日数

品種 年次	作期	播種量 (kg/10a)	苗立数 (本/m ²)	播種後落水 日数(日)	品種 年次	作期	播種量 (kg/10a)	苗立数 (本/m ²)	播種後落水 日数(日)
ゆめあかり					つがるロマン				
2004	4.26	5	50	15	2004	4.26	5	77	15
	5.6	5	166	12		5.6	5	164	12
	5.17	5	169	13		5.17	5	173	13
2005	4.26	5	88	27	2005	4.26	5	84	27
	5.6	6	68	25		5.6	6	44	25
	5.16	4	57	23		5.16	4	65	23
2006	4.26	10	118	27	2006	4.26	10	144	27
	5.8	6	145	17		5.8	6	93	17
	5.16	4	123	13		5.16	4	106	13

含有率をオートアナライザーⅡ型（ブラン・ルーベ社製）により測定した。さらに、食味計（トーヨー味度メーターMA-90B 東洋精米機製作所社製）を用いて食味評価の指標となる味度値を測定した。

なお、移植及び直播で設定した3作期を作期幅ととらえ、それぞれの平均値を分散分析により解析した。

Ⅲ 結 果

1. 出穂、登熟気温及び収量関連について

表2は移植・直播栽培における出穂・登熟条件及び収量関連形質について、表3は直播・移植栽培における枝梗別粒数及び登熟歩合について調査した結果である。直播栽培の出穂期は、移植栽培と比較して、ゆめあかりで7日、つがるロマンで6日遅かった。同様に成熟期は、両品種とも10日遅かった。また、このような出穂の遅れに伴い、直播栽培の出穂後20日・40日の登熟気温は、両品種とも1.0℃前後低かった。直播栽培の精玄米重は両品種とも移植栽培と比較して低く、栽培方法による有意差がみられ、精玄米重指数の3か年平均値は、ゆめあかりで85%、つがるロマンで83%であった。直播栽培の m^2 穂数は、両品種とも移植栽培より少ない傾向が認められるとともに、1穂粒数も直播栽培で減少した。また、1次・2次枝梗別粒数では、1次枝梗粒数では両品種とも栽培方法による有意差はみられなかったが、2次枝梗粒数では両品種とも有意差がみられ、直播栽培で少なかった。これらにより、直播栽培の総粒数は、両品種とも少なく、栽培方法による有意差がみられた。直播栽培の登熟歩合は、移植栽培と比較して同等ないしやや優り、ゆめあかりでは栽培方法による有意差がみられたが、つがるロマンでは有意差はみられなかった。1次・2次枝梗別粒の登熟歩合では、両品種とも有意差はみられなかった。また、直播栽培の千粒重は両品種とも大きく、栽培方法による有意差がみられた。

2. 玄米品質関連について

表4は移植・直播栽培における玄米品質関連形質について調査した結果である。直播栽培の玄米タンパク含有率は、移植栽培と比較して同等ないし低く、ゆめあかりでは栽培方法による有意差がみられたが、つがるロマンでは有意差はみられなかった。また、直播栽培の白米アミロース含有率は、両品種とも移植栽培と比較して高く、栽培方法による有意差がみられた。味度値は栽培方法による有意差はみ

られなかったものの、両品種とも直播栽培で高かった。次に、直播栽培の整粒歩合は両品種とも移植栽培と比較して高く、栽培方法による有意差がみられた。未熟粒歩合は両品種とも移植栽培と比較して有意に低くなるとともに、胴割粒歩合も両品種とも移植栽培と比較して低い傾向にあった。玄米粒形については、長さ、幅ともに栽培方法による有意差がみられ、直播栽培で増大した。また、厚さは栽培方法による有意差はみられなかったものの、両品種とも直播栽培でやや厚かった。

Ⅳ 考 察

1. 出穂、登熟気温及び収量関連について

直播栽培では精玄米重が移植栽培より大きく劣るが、その大きな要因として、 m^2 当たり穂数が少ない傾向を示すとともに、1穂粒数が少ないため、 m^2 粒数が減少することが挙げられる。当県の直播栽培では、播種後から出芽揃まで落水管理を実施するが、播種後の低温で出芽が遅れる場合には落水期間が長引くため、この期間の肥料の流亡が大きくなる可能性が考えられる。その結果、幼穂形成期前後に生育量が十分に確保されず、穂数不足・粒数不足に繋がると推察される。また、直播栽培で移植栽培並みの m^2 粒数を確保するためには、幼穂形成期前後の生育量が移植栽培よりかなり大きくないと不可能であることが推察される（図1～3）。

直播栽培では出穂期が移植栽培より遅れ、登熟期間の気温も移植栽培より低いが、登熟歩合は移植栽培並かそれ以上となっている。1次・2次枝梗別粒の構成をみてみると、直播栽培では1次枝梗粒数は移植栽培とほぼ同じであるが、2次枝梗粒は少なくなっている。それぞれの登熟歩合をみてみると、1次枝梗粒では直播栽培、移植栽培ともほとんど差がみられないが、2次枝梗粒では直播栽培が大きく低下している。直播栽培では登熟力の大きい1次枝梗粒が多いことで、登熟歩合を高めていると推察される（図4及び5）。

直播栽培では玄米千粒重が移植栽培より大きい。玄米千粒重と粒数の関係では、両品種とも1次枝梗粒割合では正の相関が（図6及び7）、2次枝梗粒割合では負の相関が、 m^2 粒数では負の相関がみられる。玄米千粒重と出穂後の気温との関係では、両品種とも出穂後11日以降の気温と強い負の相関があり（表5）、気温が高いほど玄米千粒重が小さくな

表2 移植・直播栽培における出穂・登熟条件及び収量関連形質

品種 年次	栽培法	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	登熟気温	登熟気温	精	同左 指数	穂数 (本/㎡)	1穂	総	登熟	千粒重 (g)	倒伏 程度 (0-4)
				40日 (℃)	20日 (℃)	玄米重 (g/㎡)			粒数 (粒)	粗数 (×千/㎡)	歩合 (%)		
ゆめあかり													
2004	移植	7.30	9. 8	22.5	24.4	596	(100)	460	80.5	37.1	79.8	22.2	0.0
	直播	8. 2	9.16	22.0	23.3	527	88	409	67.6	27.3	86.3	23.1	0.3
2005	移植	8. 2	9.12	23.9	25.6	678	(100)	491	88.6	43.3	82.0	20.5	0.0
	直播	8.11	9.22	22.6	24.2	522	77	384	72.2	27.8	88.9	23.0	0.0
2006	移植	8. 4	9.15	23.3	24.9	631	(100)	482	81.3	39.0	86.4	21.4	0.0
	直播	8.12	9.25	22.1	24.5	568	90	438	67.0	29.6	86.2	22.3	0.0
平均	移植	8. 1	9.11	23.2	25.0	635	(100)	478	83.5	39.8	82.8	21.4	0.0
	直播	8. 8	9.21	22.3	24.0	539	85	410	68.9	28.2	87.1	22.8	0.1
有意差(栽培法間差)						**		**	**	**	*	**	－
つがるロマン													
2004	移植	7.31	9.10	22.4	24.0	598	(100)	396	85.6	33.7	82.9	23.3	0.0
	直播	8. 4	9.20	21.5	22.5	507	85	398	61.4	24.2	85.7	24.3	1.3
2005	移植	8. 5	9.16	23.3	24.9	671	(100)	421	89.3	37.4	86.5	21.4	0.0
	直播	8.13	9.27	22.2	24.1	538	80	351	78.8	27.7	85.7	24.0	0.7
2006	移植	8. 7	9.19	22.8	24.9	611	(100)	417	83.3	34.9	90.2	22.5	0.0
	直播	8.14	9.28	21.7	24.2	522	85	389	65.8	25.6	88.6	24.0	0.0
平均	移植	8. 4	9.15	22.8	24.6	627	(100)	411	86.1	35.3	86.5	22.4	0.0
	直播	8.10	9.25	21.8	23.6	522	83	379	68.7	25.9	86.7	24.0	0.7
有意差(栽培法間差)						**		ns	**	**	ns	**	－

注. 1) 各年次の移植・直播栽培の数値は、各年次の全作期の平均値で示した。

2) 精玄米重は粒厚1.9mm以上、水分15.0%換算。

3) **、*は1%及び5%水準で有意差有り、nsは有意差なしを示す。

4) 気象データは黒石アメダス値を使用、以下同様。

表3 移植・直播栽培における枝梗別粒数及び登熟歩合

品種 年次	栽培法	1 穂粒数 (粒)			登熟歩合 (%)		
		1 次枝梗	2 次枝梗	合 計	1 次枝梗	2 次枝梗	全 体
ゆめあかり							
2004	移植	44.5	36.1	80.5	—	—	79.8
	直播	42.4	25.2	67.6	—	—	86.3
2005	移植	44.3	44.3	88.6	91.0	73.5	82.0
	直播	44.7	27.4	72.2	93.1	82.2	88.9
2006	移植	44.3	37.0	81.3	91.4	80.8	86.4
	直播	43.0	24.0	67.0	92.8	74.4	86.2
平均	移植	44.4	39.1	83.5	91.2	77.1	82.8
	直播	43.4	25.5	68.9	93.0	78.3	87.1
有意差 (栽培法間差)		ns	**	**	ns	ns	*
つがるロマン							
2004	移植	48.7	36.9	85.6	—	—	82.9
	直播	39.9	21.5	61.4	—	—	85.7
2005	移植	46.3	43.0	89.3	94.2	78.2	86.5
	直播	47.3	31.5	78.8	93.9	73.6	85.7
2006	移植	46.4	36.9	83.3	94.8	84.5	90.2
	直播	40.9	24.9	65.8	95.0	78.4	88.6
平均	移植	47.2	38.9	86.1	94.5	81.3	86.5
	直播	42.7	26.0	68.7	94.5	76.0	86.7
有意差 (栽培法間差)		ns	**	**	ns	ns	ns

表4 移植・直播栽培における玄米品質関連形質

品種 年次	栽培法	玄米 タンパク (%)	アミロー ス含有率 (%)	味度値	整粒 (%)	未熟粒 (%)	胴割れ (%)	玄米粒形			2次枝梗 着生粉 (%)
								長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	
ゆめあかり											
2004	移植	5.8	19.1	－	82.4	12.5	2.8	5.16	2.80	1.96	44.7
	直播	5.7	19.7	－	86.3	10.8	1.6	5.26	2.89	2.00	36.8
2005	移植	6.5	17.6	58	82.9	16.7	0.5	5.09	2.72	1.91	49.9
	直播	6.0	19.5	65	89.2	9.5	1.3	5.22	2.80	1.93	38.0
2006	移植	6.3	16.4	70	72.6	26.3	1.1	5.03	2.75	1.97	45.2
	直播	5.9	19.3	76	88.9	10.0	1.1	5.17	2.83	2.00	35.4
平均	移植	6.2	17.7	64	79.3	18.5	1.5	5.09	2.75	1.94	46.6
	直播	5.9	19.5	70	88.1	10.1	1.3	5.22	2.84	1.98	36.7
有意差（栽培法間差）		*	**	ns	**	**	ns	**	**	ns	**
つがるロマン											
2004	移植	5.7	19.9	－	74.7	12.5	10.3	5.10	2.89	2.00	43.1
	直播	5.7	20.8	－	87.3	8.5	2.7	5.29	2.96	2.03	34.8
2005	移植	6.3	18.3	65	86.0	11.3	2.7	5.12	2.79	1.94	48.1
	直播	6.2	20.8	68	88.6	7.6	3.8	5.26	2.88	1.95	39.8
2006	移植	6.1	17.8	75	75.8	19.5	4.8	5.03	2.80	1.99	44.2
	直播	5.9	19.9	81	88.4	9.5	2.1	5.17	2.88	2.00	37.6
平均	移植	6.0	17.5	70	78.8	14.5	5.9	5.08	2.83	1.97	45.2
	直播	6.0	20.5	76	88.1	8.5	2.9	5.24	2.91	1.99	37.4
有意差（栽培法間差）		ns	**	ns	**	**	ns	**	**	ns	**

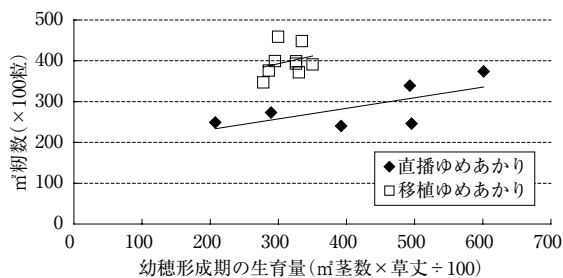


図1 ゆめあかりの幼穂形成期生育量とm²当り数の関係

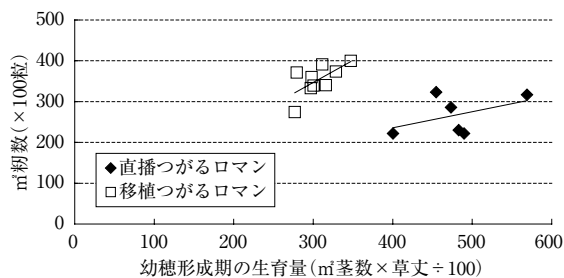


図2 つがるロマンの幼穂形成期生育量とm²当り数の関係

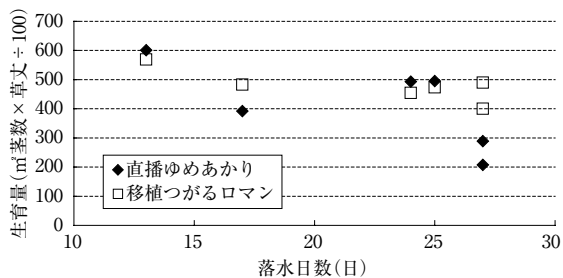


図3 直播栽培での播種後落水管理日数と幼穂形成期生育量の関係

注. 1) 図1～3の幼穂形成期生育量は前後の生育調査結果からの推定。
2) 図1～3のデータは直播が2005～2006年、移植が2004～2006年。

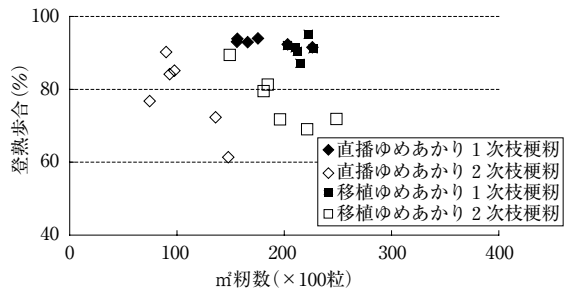


図4 ゆめあかりの栽培方法別の1次・2次枝梗の登熟歩合

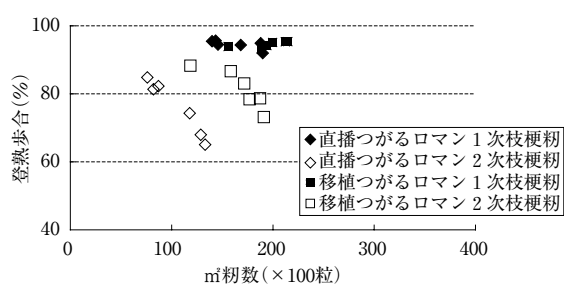


図5 つがるロマンの栽培方法別の1次・2次枝梗穂の登熟歩合

注. 図3～4のデータは直播、移植とも2005～2006年。

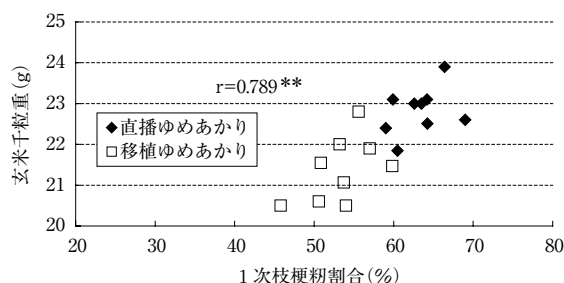


図6 ゆめあかりの1次枝梗穂割合と玄米千粒重の関係

る。直播栽培では登熟力の強い1次枝梗穂が多く、また、移植栽培より生育が遅れることで出穂後の気温が低いという有利な条件になることから、玄米千粒重が大きくなるものと推察される。

2. 玄米品質関連について

登熟気温（出穂後40日までの平均気温）が各玄米品質に与える影響を検討したところ、品種によって気温の影響を受ける時期は異なる（表5）。出穂後の気温が高い条件では、味度値の低下、玄米タンパク含有率の増加、白米アミロース含有率の低下、整粒歩合の低下、未熟粒歩合の増加、胴割粒歩合の増加が確認されるとともに、玄米粒形は長さ、幅は小

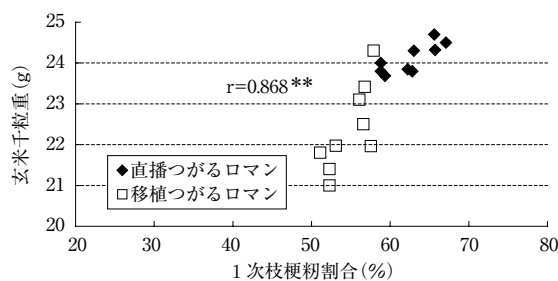


図7 つがるロマンの1次枝梗別割合と玄米千粒重の関係

表5 出穂後日数別の平均気温が玄米千粒重及び玄米品質に与える影響

品種・形質	出穂後 1～10日	出穂後 11～20日	出穂後 21～30日	出穂後 31～40日	出穂後 1～20日	出穂後 21～40日	出穂後 40日間
ゆめあかり							
玄米千粒重 (g)	-0.065	-0.756**	-0.661**	-0.317	-0.586*	-0.628**	-0.659**
味度値	-0.873**	-0.816**	-0.793**	-0.862**	-0.902**	-0.845**	-0.938**
玄米タンパク含有率 (%)	0.029	0.839**	0.736**	0.250	0.621**	0.642**	0.687**
白米アミロース含有率 (%)	0.252	-0.524*	-0.667**	-0.228	-0.204	-0.583*	-0.402
整粒歩合 (%)	0.088	-0.176	-0.287	-0.324	-0.066	-0.377	-0.220
未熟粒歩合 (%)	-0.253	0.336	0.483*	0.199	0.069	0.441	0.252
胴割粒歩合 (%)	0.311	-0.313	-0.446	0.290	-0.013	-0.141	-0.075
玄米長 (mm)	0.209	-0.569*	-0.537*	-0.200	-0.265	-0.478*	-0.390
玄米幅 (mm)	-0.119	-0.816**	-0.644**	-0.314	-0.666**	-0.615**	-0.702**
玄米厚さ (mm)	-0.449	-0.698**	-0.614**	-0.437	-0.806**	-0.664**	-0.812**
つがるロマン							
玄米千粒重 (g)	-0.131	-0.717**	-0.655**	-0.586*	-0.669**	-0.720**	-0.784**
味度値	-0.841**	-0.890**	-0.770**	-0.822**	-0.951**	-0.837**	-0.917**
玄米タンパク含有率 (%)	-0.162	0.848**	0.514*	-0.004	0.603**	0.353	0.504*
白米アミロース含有率 (%)	0.222	-0.604**	-0.476*	-0.354	-0.352	-0.462	-0.466
整粒歩合 (%)	-0.266	-0.049	0.117	-0.611**	-0.190	-0.294	-0.290
未熟粒歩合 (%)	-0.221	0.281	0.145	0.324	0.084	0.264	0.200
胴割粒歩合 (%)	0.622**	-0.088	-0.340	0.625**	0.299	0.185	0.299
玄米長 (mm)	-0.008	-0.429	-0.076	-0.410	-0.349	-0.271	-0.370
玄米幅 (mm)	0.069	-0.808**	-0.436	-0.291	-0.620**	-0.422	-0.593**
玄米厚さ (mm)	-0.147	-0.817**	-0.552*	-0.159	-0.772**	-0.453	-0.671**

注. 1) **, *は1%、5%の水準で相関があり。

さくなり、粒厚は薄くなる。この傾向は、ゆめあかり、つがるロマンに共通して認められる。登熟気温が低い直播栽培は移植栽培と比較して、白米アミロース含有率は高くなるが、玄米タンパク含有率は同等ないし低い傾向にあり、味度値は高い傾向にあることから、食味的には移植栽培に劣らないことが推察される。また、整粒歩合は高く、未熟粒歩合・胴割粒歩合は低く、玄米の長さ・幅も移植栽培より大きいことから、外観品質的にも移植栽培に優ることが推察される。

3. ま と め

3か年の試験の結果、当県における直播栽培は収量性は移植栽培より劣るものの、玄米品質、食味については移植栽培より優れているという特徴を明らかにすることができた。今後、直播栽培は水稻生産技術として普及、拡大していくことが予想されるが、それに向けて収量及び品質安定化のための栽培方法を確立していく必要がある。

(中林光文・横山裕正・木村利行)

岩手県における直播水稻の登熟関連特性と収量・品質関連形質

I はじめに

岩手県における水稻湛水直播栽培面積は1998年に13haであったが2006年には126haまで増加したものの、最近では収量の不安定性、雑草防除問題、特別栽培米の増加などにより直播栽培面積は頭打ちである。

しかし、省力・低コスト技術として直播栽培は重要な技術であり、作期拡大のメリットや食味品質に関する特徴を明らかにする必要がある。

本研究では、作期移動試験により移植栽培と比較した直播栽培の作期、登熟特性、食味品質関連形質の特徴について検討した。

II 材料と方法

岩手県農業研究センター（北上市）の圃場で、2004年から2006年まで移植栽培及び湛水直播栽培、3作期を設定し試験を行った。品種はあきたこまち及びひとめぼれを用いた。直播栽培は代かき同時打ち込み点播（2004～2005年）または条播機を装着した多目的田植機による条播（2006年）により行った。播種は、カルパー16粉粒剤を1倍重湿粉衣し乾糲換算で5kg/10a程度播種し、出芽までは落水管理（落水出芽法）し出芽までは7～20日程度要した。試験において苗立ち本数は80～150本/m²程度であった。試験の播種または移植時期は表6のとおりである。基肥施肥量は耕起前に10aあたりN：P₂O₅：K₂O=6.0：12.0：9.0kg施用、追肥は幼穂形成期頃に10aあたりN：K₂O=2.0：2.0kg施用した。病虫害及び雑草防除は通常管理とした。

稈・葉鞘中の非構造性炭水化物（Nonstructural Carbohydrate、以下NSC）含量は穂揃い期に採取した稲体について、大西・堀江（1999）の重量法により測定し、稲体窒素含量はケルダール法（ケルテック分析装置 フォス・ジャパン社製）により測定した。

品質関連形質の分析は東北農業研究センターが担当し、米選後の玄米タンパク含有率を近赤外分光光度計（Infratec1241 フォス・ジャパン社製）を用いて測定するとともに、外観品質および玄米粒形は

品質判別器（RQI10A サタケ社製）により調査した。また、精米後の粉碎サンプルの白米アミロース含有率をオートアナライザーⅡ型（プラン・ルーベ社製）により測定した。さらに、食味計（トーヨー味度メーターMA-90B 東洋精米機製作所社製）を用いて食味評価の指標となる味度値を測定した。

気象データはアメダスデータ（アメダス地点：北上）を用いた。

III 結果と考察

1. 生育ステージと収量構成要素

直播栽培の出穂期は、移植栽培に比較し平均であきたこまちが5日、ひとめぼれが6日遅れ、これに伴い、直播栽培の登熟期間中の平均気温は3カ年平均で移植栽培よりあきたこまちが0.9℃、ひとめぼれが1.0℃低くなった（表6）。

千粒重については、出穂後20日間の登熟平均気温が低いほど玄米の長さ及び幅は大きくなる（図8）ため、出穂期が遅くなる直播栽培では、移植より玄米の長さ及び幅が大きくなり千粒重が増大する傾向が認められた（表7、8）。直播栽培の収量は移植栽培と比較し、あきたこまちが84%、ひとめぼれが86%と有意に劣った。直播栽培及び移植栽培ともに、一穂籾が多いほど総籾数が多くなり、総籾数が多いほど精玄米収量が高い傾向が認められるが、直播栽培では移植栽培に比較して一穂籾数が少なく、収量の制限要因のひとつであると考えられた（図9）。

このように、直播栽培では一穂籾数が減少し、総籾数が少なくなったことにより減収したが登熟歩合が高く千粒重が増大する特徴が認められた。

2. 穂揃い期の栄養状況（乾物重、NSC）

2次枝梗着生籾割合が高まることにより一穂籾数が増加するが、直播栽培では2次枝梗着生籾割合が高まるにつれて穂揃い期のNSC含有率が低下した（図10）。これは、籾形成にNSCが利用されたためと考えられるが、籾数確保や登熟性確保のためには稲体NSC含有率を十分高めておくことも重要であると考えられる。

一方、ひとめぼれでは移植（直播は播種）から穂揃い期までの積算日照時間が多いほど穂揃い期の

表6 播種から成熟期までの気象条件

		栽培法	播種期 (月. 日)	出芽期 (月. 日)	移植期 (月. 日)	出穂期 (月. 日)	登熟気温 出穂後40日 (℃)	登熟気温 出穂後20日 (℃)	積算日照播 種(移植)～ 出穂(hrs)	成熟期 (月. 日)
あきたこまち										
2004	直播 (早)	4. 30				8. 6	22.2	23.2	392	9. 24
	直播 (普)	5. 7				8. 6	22.2	23.2	366	9. 24
	直播 (遅)	5. 18				8. 10	21.5	21.9	366	10. 1
	移植 (早)	4. 09		5. 6	7. 30	23.3	25.0	387	9. 13	
	移植 (普)	4. 20		5. 14	8. 2	22.8	24.3	364	9. 18	
	移植 (遅)	4. 27		5. 25	8. 4	22.5	23.8	343	9. 25	
2005	直播 (早)	5. 2	5. 23	—	8. 9	23.4	24.6	316	9. 24	
	直播 (普)	5. 11	5. 25	—	8. 10	23.3	24.4	312	9. 26	
	直播 (遅)	5. 18	5. 29	—	8. 12	23.2	24.3	288	10. 1	
	移植 (早)	4. 11	—	5. 6	8. 4	24.3	25.7	360	9. 16	
	移植 (普)	4. 19	—	5. 16	8. 6	24.0	25.1	351	9. 17	
	移植 (遅)	4. 25	—	5. 25	8. 7	23.7	24.9	298	9. 20	
2006	直播 (早)	5. 2	5. 12	—	8. 9	23.3	25.5	324	9. 20	
	直播 (普)	5. 12	5. 20	—	8. 14	22.6	24.9	311	9. 28	
	直播 (遅①)	5. 22	5. 28	—	8. 18	21.6	24.1	272	10. 4	
	直播 (遅②)	5. 31	6. 05	—	8. 21	20.8	23.3	236	10. 10	
	移植 (早)	4. 10	—	5. 8	8. 5	24.3	26.3	312	9. 13	
	移植 (普)	4. 18	—	5. 15	8. 8	23.5	25.8	291	9. 20	
移植 (遅)	4. 24	—	5. 25	8. 12	22.9	25.1	266	9. 29		
	平 均	5. 10	5. 23		8. 10	22.6	24.0	327	9. 27	
	直播栽培 平均									
	直播 (早)	5. 1	5. 18		8. 8	23.0	24.4	344	9. 23	
	直播 (普)	5. 10	5. 23		8. 10	22.7	24.2	330	9. 26	
	直播 (遅)	5. 19	5. 29		8. 13	22.1	23.4	309	10. 2	
移植栽培 平均	平 均	5. 10	5. 23		8. 10	22.6	24.0	327	9. 27	
	移植 (早)	4. 10		5. 7	8. 3	23.9	25.7	353	9. 14	
	移植 (普)	4. 19		5. 15	8. 5	23.4	25.1	335	9. 18	
	移植 (遅)	4. 25		5. 25	8. 8	23.0	24.6	302	9. 25	
	平 均	4. 18			8. 5	23.5	25.1	330	9. 19	
		栽培法	播種期 (月. 日)	出芽期 (月. 日)	移植期 (月. 日)	出穂期 (月. 日)	登熟気温 出穂後40日 (℃)	登熟気温 出穂後20日 (℃)	積算日照播 種(移植)～ 出穂(hrs)	成熟期 (月. 日)
ひとめぼれ										
2004	直播 (早)	4. 30				8. 9	21.6	22.3	419	9. 28
	直播 (普)	5. 7				8. 9	21.6	22.3	394	9. 28
	直播 (遅)	5. 18				8. 20	20.5	21.5	413	10. 7
	移植 (早)	4. 9		5. 6	8. 3	22.7	24.1	412	9. 18	
	移植 (普)	4. 20		5. 14	8. 4	22.5	23.8	374	9. 21	
	移植 (遅)	4. 27		5. 25	8. 9	21.6	22.3	373	10. 1	
2005	直播 (早)	5. 2	5. 23	—	8. 14	22.8	24.2	329	10. 3	
	直播 (普)	5. 11	5. 25	—	8. 16	22.6	23.9	329	10. 3	
	直播 (遅)	5. 18	5. 29	—	8. 17	22.3	23.7	304	10. 3	
	移植 (早)	4. 11	—	5. 6	8. 8	23.5	24.7	387	9. 20	
	移植 (普)	4. 19	—	5. 16	8. 9	23.4	24.6	363	9. 22	
	移植 (遅)	4. 25	—	5. 25	8. 11	23.3	24.3	318	9. 27	
2006	直播 (早)	5. 2	5. 12	—	8. 13	22.8	25.1	346	9. 28	
	直播 (普)	5. 12	5. 20	—	8. 20	21.1	23.5	327	10. 4	
	直播 (遅①)	5. 22	5. 28	—	8. 21	20.8	23.3	282	10. 10	
	直播 (遅②)	5. 31	6. 5	—	8. 25	20.0	22.2	258	未達	
	移植 (早)	4. 10	—	5. 8	8. 9	23.3	25.5	338	9. 19	
	移植 (普)	4. 18	—	5. 15	8. 11	23.1	25.2	323	9. 27	
	移植 (遅)	4. 24	—	5. 25	8. 16	22.1	24.7	283	10. 5	
	平 均	5. 10	5. 23		8. 15	21.8	23.3	349	10. 2	
直播栽培 平均										
	直播 (早)	5. 1	5. 18		8. 12	22.4	23.8	365	9. 29	
	直播 (普)	5. 10	5. 23		8. 15	21.7	23.2	350	10. 1	
	直播 (遅)	5. 19	5. 29		8. 19	21.2	22.8	333	10. 7	
移植栽培 平均	平 均	5. 10	5. 23		8. 15	21.8	23.3	349	10. 2	
	移植 (早)	4. 10		5. 7	8. 7	23.1	24.8	379	9. 19	
	移植 (普)	4. 19		5. 15	8. 8	23.0	24.5	353	9. 23	
	移植 (遅)	4. 25		5. 25	8. 12	22.3	23.8	325	10. 3	
	平 均	4. 18			8. 9	22.8	24.4	352	9. 25	

表7 収量および収量構成要素

栽培法		精玄米重 (g/m ²)	移植対比 (%)	穂数 (本/m ²)	一穂粒数 (粒)	総粒数 (千粒/m ²)	2次枝梗 着生率 (%)	登熟歩合 (%)	精玄米 千粒重 (g/千粒)	倒伏程度 (0~4)
あきたこまち										
2004	直播 (早)	496	94	412	62.7	25.8	29.1	91.7	22.6	0.0
	直播 (普)	469	77	450	53.6	24.1	29.2	93.5	23.1	0.5
	直播 (遅)	383	70	428	48.4	20.7	31.6	91.2	23.6	0.0
	移植 (早)	530	—	566	63.2	35.8	29.3	74.7	21.4	3.6
	移植 (普)	608	—	446	71.3	31.8	31.0	95.4	21.9	2.0
	移植 (遅)	545	—	413	76.5	31.6	33.2	90.1	21.8	2.4
2005	直播 (早)	573	101	450	70.5	31.7	37.4	90.0	21.8	2.8
	直播 (普)	439	78	500	54.2	27.1	29.4	94.2	22.5	2.4
	直播 (遅)	468	79	492	69.3	34.1	34.4	93.6	23.0	0.6
	移植 (早)	566	—	408	83.5	34.1	46.0	90.6	22.1	1.0
	移植 (普)	561	—	409	76.2	31.2	43.0	90.7	21.5	1.0
	移植 (遅)	593	—	471	65.7	30.9	36.2	90.2	22.0	1.0
2006	直播 (早)	382	77	325	62.7	20.4	32.1	94.1	21.3	0.0
	直播 (普)	493	92	385	67.2	25.9	26.9	95.8	21.1	0.0
	直播 (遅①)	514	87	477	52.7	25.1	36.1	93.4	22.9	0.0
	直播 (遅②)	404	69	363	52.6	19.1	34.0	95.3	23.0	0.0
	移植 (早)	498	—	384	68.5	26.3	41.0	83.3	21.1	0.0
	移植 (普)	533	—	410	72.4	29.7	42.0	88.5	22.1	0.0
	移植 (遅)	588	—	433	77.4	33.5	38.4	92.7	21.2	0.0
	平均	469	84	435	60.1	26.1	31.8	93.1	22.4	0.7
	平均	469	84	435	60.1	26.1	31.8	93.1	22.4	0.7
直播栽培 平均		469	84	435	60.1	26.1	31.8	93.1	22.4	0.7
移植栽培 平均	移植 (早)	531	—	453	71.7	32.1	38.8	82.9	21.5	1.5
	移植 (普)	567	—	422	73.3	30.9	38.7	91.5	21.8	1.0
	移植 (遅)	575	—	439	73.2	32.0	35.9	91.0	21.7	1.1
	平均	558	100	438	72.8	31.7	37.8	88.5	21.7	1.2
有意差 (栽培法間差)		**		ns	**	*	**	*	*	
ひとめぼれ										
2004	直播 (早)	431	84	386	53.2	20.5	28.5	89.7	23.7	0.0
	直播 (普)	471	74	453	49.9	22.6	30.2	94.3	23.7	0.0
	直播 (遅)	333	56	456	49.2	22.4	32.7	86.1	23.7	0.0
	移植 (早)	515	—	557	62.2	34.6	31.2	74.7	22.6	3.2
	移植 (普)	638	—	482	63.0	30.4	31.9	95.7	23.0	2.0
	移植 (遅)	591	—	448	72.0	32.3	32.5	87.7	22.3	2.0
2005	直播 (早)	585	92	541	61.1	33.0	31.5	85.9	22.8	2.8
	直播 (普)	498	91	536	54.8	29.4	30.0	85.8	23.1	2.9
	直播 (遅)	522	88	498	63.0	31.4	32.0	87.7	23.7	0.7
	移植 (早)	637	—	451	68.2	30.8	37.5	90.1	22.8	2.0
	移植 (普)	547	—	424	62.5	26.5	42.8	92.8	22.9	2.0
	移植 (遅)	594	—	433	60.2	26.1	31.5	96.2	23.5	2.0
2006	直播 (早)	475	82	385	57.3	22.1	34.0	94.6	22.7	0.0
	直播 (普)	677	118	598	53.9	32.3	31.9	95.2	22.9	0.0
	直播 (遅①)	591	94	610	44.8	27.3	31.9	92.1	24.0	0.0
	直播 (遅②)	452	72	418	60.4	25.3	40.1	87.7	22.5	0.0
	移植 (早)	582	—	432	64.0	27.6	38.3	91.4	22.6	0.0
	移植 (普)	576	—	387	65.5	25.3	40.6	92.7	23.9	0.0
	移植 (遅)	632	—	482	60.5	29.2	32.2	90.4	22.4	0.0
	平均	509	86	496	54.1	26.8	31.4	90.2	23.4	0.7
	平均	509	86	496	54.1	26.8	31.4	90.2	23.4	0.7
直播栽培 平均		509	86	496	54.1	26.8	31.4	90.2	23.4	0.7
移植栽培 平均	移植 (早)	578	—	480	64.8	31.0	35.7	85.4	22.7	1.7
	移植 (普)	587	—	431	63.7	27.4	38.4	93.7	23.3	1.3
	移植 (遅)	606	—	454	64.2	29.2	32.1	91.4	22.7	1.3
	平均	590	100	455	64.2	29.2	35.4	90.2	22.9	1.5
有意差 (栽培法間差)		*		ns	**	ns	ns	ns	ns	ns

注. **, *: 1%および5%水準で有意差あり。 ns: 有意差なし

表8 食味関連成分および玄米形状

		栽培法	玄米タンパク含有率 (%)	白米アミロース含有率 (%)	味度値	整粒歩合 (%)	玄米長さ (mm)	玄米幅 (mm)	玄米厚さ (mm)
あきたこまち									
2004	直播 (早)		6.4	19.9		89.1	5.28	2.83	1.93
	直播 (普)		6.8	19.5		89.0	5.30	2.86	1.97
	直播 (遅)		6.5	19.7		88.7	5.41	2.85	1.95
	移植 (早)		6.3	19.2		75.1	5.22	2.76	1.95
	移植 (普)		6.6	19.8		91.0	5.20	2.80	1.98
	移植 (遅)		6.3	19.9		87.1	5.33	2.78	1.94
2005	直播 (早)		6.6	18.4	62.5	82.1	5.19	2.78	1.92
	直播 (普)		6.5	18.4	61.5	87.9	5.23	2.81	1.93
	直播 (遅)		6.4	20.5	63.8	87.7	5.27	2.83	1.92
	移植 (早)		7.0	18.5	51.5	53.0	5.14	2.73	1.94
	移植 (普)		6.9	17.9	51.3	62.8	5.17	2.76	1.94
	移植 (遅)		6.4	18.9	53.9	82.1	5.22	2.76	1.95
2006	直播 (早)		6.6	17.1	70.7	80.7	5.16	2.75	1.98
	直播 (普)		6.4	17.2	72.5	91.9	5.17	2.76	1.97
	直播 (遅①)		6.7	19.0	73.6	93.7	5.31	2.80	1.98
	直播 (遅②)		6.3	19.4	77.7	95.3	5.30	2.80	1.95
	移植 (早)		6.5	17.1	65.7	83.9	5.20	2.73	1.99
	移植 (普)		6.7	17.9	66.9	87.6	5.22	2.80	2.02
	移植 (遅)		6.4	18.8	71.8	84.9	5.14	2.73	1.97
	平均		6.5	18.5	66.6	83.9	5.21	2.79	1.94
直播栽培 平均			6.6	18.4	67.0	89.6	5.23	2.81	1.96
			6.5	19.7	68.7	90.0	5.33	2.83	1.95
			6.5	18.9	67.4	87.8	5.25	2.81	1.95
移植栽培 平均	移植 (早)		6.6	18.3	58.6	70.6	5.18	2.74	1.96
	移植 (普)		6.7	18.5	59.1	80.4	5.19	2.78	1.98
	移植 (遅)		6.4	19.2	62.9	84.7	5.23	2.76	1.95
	平均		6.6	18.7	60.2	78.6	5.20	2.76	1.96
有意差 (栽培法間差)			ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

		栽培法	玄米タンパク含有率 (%)	白米アミロース含有率 (%)	味度値	整粒歩合 (%)	玄米長さ (mm)	玄米幅 (mm)	玄米厚さ (mm)
ひとめぼれ									
2004	直播 (早)		5.9	20.6		86.6	5.35	2.84	1.95
	直播 (普)		6.2	20.1		86.6	5.29	2.87	1.97
	直播 (遅)		6.0	21.1		87.9	5.41	2.98	2.00
	移植 (早)		6.0	20.5		82.4	5.23	2.81	2.00
	移植 (普)		6.1	20.4		88.8	5.22	2.85	2.02
	移植 (遅)		6.0	20.6		86.5	5.28	2.78	1.97
2005	直播 (早)		6.3	19.8	66.8	83.0	5.22	2.83	1.94
	直播 (普)		6.0	21.6	67.8	86.4	5.25	2.83	1.96
	直播 (遅)		5.9	21.5	72.6	88.3	5.32	2.84	1.96
	移植 (早)		6.4	19.6	63.9	80.7	5.17	2.81	1.99
	移植 (普)		6.4	19.4	61.7	84.6	5.20	2.83	1.99
	移植 (遅)		6.0	19.9	67.0	87.5	5.23	2.86	2.00
2006	直播 (早)		6.0	17.3	78.5	91.1	5.12	2.80	1.98
	直播 (普)		5.7	19.4	88.8	95.0	5.24	2.83	2.00
	直播 (遅①)		5.9	20.0	85.0	94.4	5.33	2.84	2.02
	直播 (遅②)		5.5	21.5	89.0	93.9	5.36	2.83	1.99
	移植 (早)		6.0	18.2	75.3	89.3	5.26	2.83	2.05
	移植 (普)		6.7	18.2	72.7	90.9	5.32	2.90	2.07
	移植 (遅)		5.7	19.3	81.0	89.7	5.13	2.81	2.00
	平均		6.1	19.2	72.7	86.9	5.23	2.82	1.96
直播栽培 平均			6.0	20.4	78.3	89.3	5.26	2.84	1.97
			5.9	20.9	78.8	90.2	5.35	2.89	1.99
			6.0	20.2	76.6	88.8	5.28	2.85	1.97
移植栽培 平均	移植 (早)		6.1	19.4	69.6	84.1	5.22	2.82	2.01
	移植 (普)		6.4	19.3	67.2	88.1	5.24	2.86	2.03
	移植 (遅)		5.9	19.9	74.0	87.9	5.21	2.82	1.99
	平均		6.1	19.6	70.3	86.7	5.22	2.83	2.01
有意差 (栽培法間差)			ns	ns	ns	ns	ns	ns	*

NSC含有量が高まる傾向が認められ、NSC含有量と生育期間の日照との関係が示唆された（図11）。播種日が遅いほど穂揃い期までの積算日照時間が少なくなることから、籾数確保の観点から播種時期に応じた肥培管理等の検討が今後必要と考えられた。

3. 玄米品質及び食味関連成分

出穂後20日間の登熟期間の平均気温が高いほど整粒歩合が低下する傾向であり（図12）、登熟気温の低い直播栽培で移植栽培より品質が良好であった。また、出穂後20日間の平均気温が低いほどアミロー

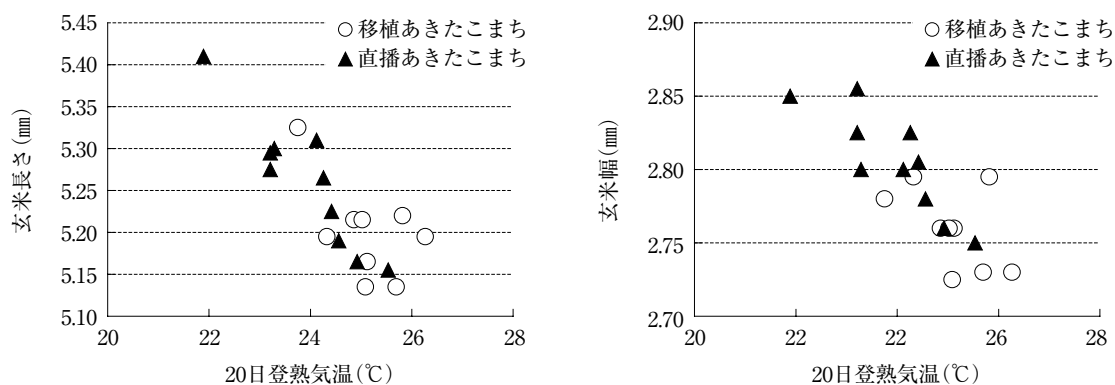


図8 登熟気温と玄米長さ及び幅
20日登熟気温：出穂後20日間平均気温。

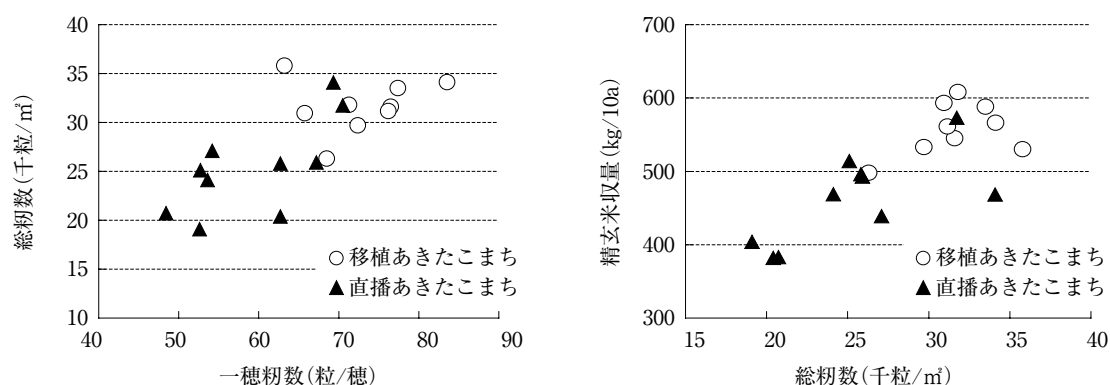


図9 一穂籾数と総籾数および総籾数と精玄米収量との関係

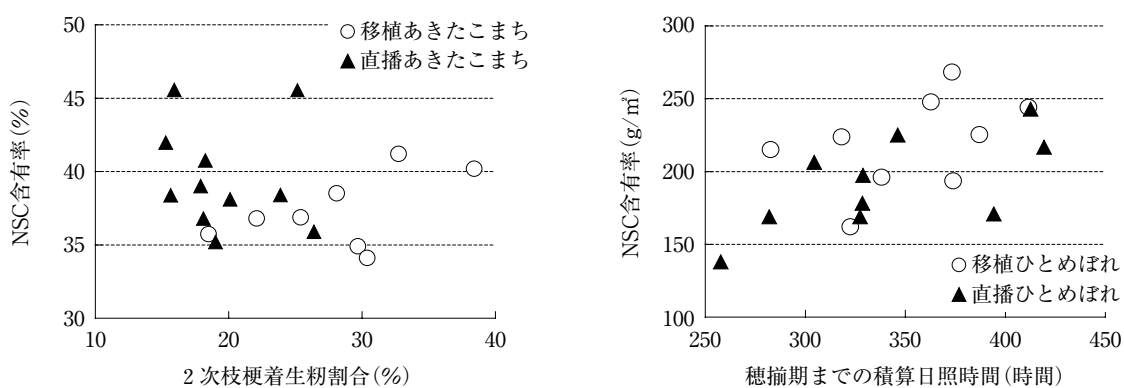


図10 2次枝梗着生籾割合と穂揃期NSC含有率

図11 積算日照時間とNSC含有量
積算日照時間：移植及び直播から穂揃い期までの積算値。

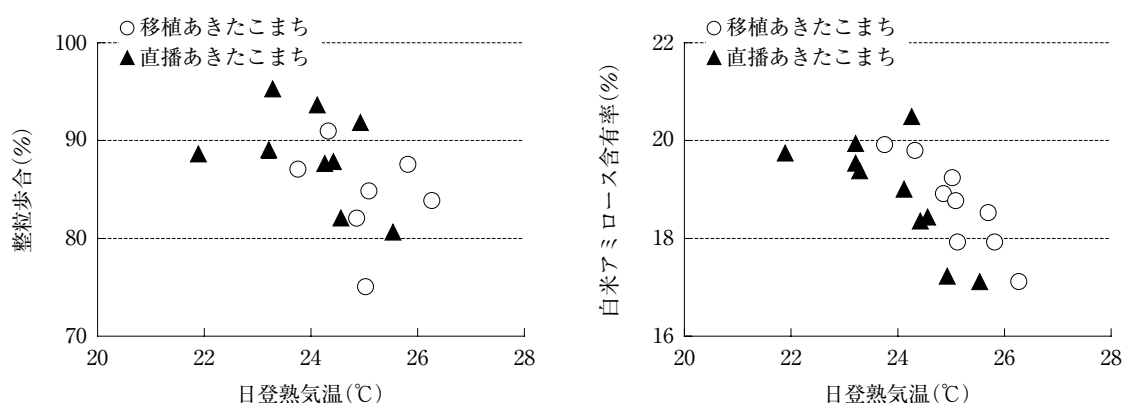


図12 登熟気温と整粒歩合および白米アミロース含有率

ス含有率が増加したが、同じ温度では直播でアミロース含有率が低い傾向であった (図12)。このため、登熟気温が低下した直播栽培でアミロース含有率が増加する傾向を示したものの、移植栽培との差は小さく、食味への影響は小さいものと考えられた。

玄米タンパク質含有率は、出穂後40日間の登熟気温が高いほど高まった (表8)。この要因の一つとして、登熟期間中の平均気温が高いほど玄米粒形が小さくなったことによるものと考えられた。また、出穂後40日間の平均気温が高いほど味度値が低下し、登熟期間の平均温度が低い直播で移植栽培より味度値が高い特徴が認められた (表8)。このことから、登熟気温の高い条件での味度値の低下には、高温条件での小粒化やタンパク質含有率の増加が関連しているものと考えられた。

4. ま と め

以上のように、直播栽培では移植栽培と比較して2次枝梗割合の低下により一穂粒数及び総粒数が減少することにより減収した。一方で、直播栽培では出穂期の遅れによる品質への影響は認められなかった。食味関連成分では登熟気温が低下した直播栽培でアミロース含有率が増加する傾向を示した。しかし、移植栽培のアミロース含有率との差は小さく、同じ登熟温度で比較した場合に、直播栽培米で移植栽培米より低い傾向も認められ、食味への有利な特性が示された。

引用文献

- 1) 大西政夫, 堀江武. 1999. 重量法による水稻各器官中の非構造化炭水化物の簡易定量法. 日作紀. 68: 126-136.

(日影勝幸・小田中温美)

宮城県における直播水稻の登熟関連特性と収量・品質関連形質

I はじめに

本県における直播栽培の面積は、1998年頃から徐々に増加し、2006年時点では253haに達している。2003年の冷害年においては、移植栽培と比較して直播栽培の収量が優れた事例がいくつも報告された。

これらのことを踏まえ、2004年から3年間「やませ気象下の水稻生育・被害予測モデルと冷害回避技術の開発 課題名：直播による冷害危険期の回避技術」に参画すると共に、東北農業研究センターを中心に、東北6県の農業試験場が連絡試験を実施し、直播栽培における生育ステージや冷害危険期の気温の差、及び収量、品質について、移植栽培と比較検討を行った。

II 材料と方法

1. 直播水稻の収量性及び品質特性の解明

- 1) 試験場所：宮城県大崎市古川農業試験場圃場
- 2) 試験年次：2004～2006年
- 3) 供試品種：ひとめぼれ、まなむすめ
- 4) 作 期：

移植 早期：4月下旬、普通期：5月中旬、
晩期：5月下旬

直播 早期：4月下旬、普通期：5月中旬、
晩期：5月下旬

5) 栽 植 法：

移植 栽植密度21.2株/m²、稚苗、機械植え

直播 湛水条播、条間30cm、播種量4 kg/10a、播種後から出芽揃いまでは落水管理、平均苗立ち数約100本/m²前後

6) 施 肥 量：

移植 基肥N 5 kg/10a（速効性）、追肥;幼形期N 1 +減分期N 1 kg/10a

直播 基肥N 5 kg/10a（速効性+緩効性30%）、追肥;減分期N 1 kg/10a

- 7) 調査項目：出穂期および刈刈りによる収量、収量構成要素を調査した。このときの玄米篩選は1.90mmで統一した。品質関連形質として、米選後の玄米タンパク含有率を近赤外分光光度計（Infratec1241 フォス・ジャパン社製）

を用いて測定するとともに、外観品質および玄米粒形は品質判別器（RQI10A サタケ社製）により調査した。また、精米後の粉碎サンプルの白米アミロース含有率をオートアナライザーⅡ型（ブラン・ルーベ社製）により測定した。さらに、食味計（トーヨー味度メーターMA-90B 東洋精米機製作所社製）を用いて食味評価の指標となる味度値を測定した。

移植および直播水稻の収量及び品質関連形質の比較を行うとともに、各形質の変動要因について解析した。なお、統計検定はt検定により、栽培法間差を評価した。

2. 直播水稻の障害型冷害回避の有効性と遅延型冷害の危険性の解析

早期播種の直播水稻と普通期の移植水稻について生育ステージや幼穂伸長期の気温を比較し、直播水稻の障害型冷害回避の有効性を検証した。

また、直播水稻の普通期播種と晩期播種の生育ステージや収量および品質について比較し、直播水稻による遅延型冷害の危険性を検証した。

III 結果と考察

1. 直播水稻の収量性及び品質特性の解明

1) 収量関連形質

移植及び直播水稻の収量関連形質を表9、10に示した。直播水稻は移植に比べ、出穂期は6日程度遅くなり、登熟期の気温は低下し、登熟日数は長くなった。直播水稻は移植に比べ、m²当たり穂数、総粒数及び精玄米重が少なく、両品種とも10～12%減収した。また直播水稻は移植に比べ、m²当たり総粒数は少ないにもかかわらず、登熟歩合は同等か低く、千粒重は重い傾向が見られた。

直播水稻が移植に比べ精玄米重が低下する要因として、m²当たり穂数及び総粒数が少ないことと、総粒数が少ない割に登熟歩合が低いか同等であることが考えられた。直播水稻の精玄米重を増加させる方法として、m²当たり穂数を多くし、登熟力を向上させるための播種法や施肥法を確立することが重要と考えられるが、「ひとめぼれ」の場合、移植栽培に比べ倒伏しやすいため、倒伏軽減対策も併行し

て考える必要がある。

2) 品質関連形質

全作期における移植および直播水稻の品質関連形質を表11、12に示した。直播水稻は移植に比べ玄米タンパクは高かった。この要因として、直播栽培では総粒数の減少により粒当たりの窒素吸収量が増加したことが考えられるが、食味を下げるほどの玄米タンパク含量ではなかった。

直播水稻のアミロース含有率は、移植に比べ高い傾向にあった。一般にアミロース含有率は登熟気温が低い条件で増加することから、直播水稻の登熟気

温が全般的に低かったと考えられた。

玄米粒形の長さは直播水稻の方が長く、玄米粒形の厚さは薄かった。直播水稻の登熟気温は移植に比べ全般を通じ低く推移し、玄米の長さが決まる登熟前半は、デンプンの消耗及び競合が少ないため玄米が長くなり、玄米の厚さが決まる登熟中～後半は、登熟が不足気味となり玄米が薄くなったものと考えられる。

3) 出穂後20日間の平均気温と品質の関係

出穂後20日間の平均気温と整粒歩合の関係を図13に示した。両品種とも、出穂後20日間の平均気温が

表9 登熟条件及び収量関連形質 (品種：ひとめぼれ)

年次	栽培法	移植期 播種期 (月.日)	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	登熟 日数 (日)	登熟気温 40日 (℃)	登熟気温 20日 (℃)	精 玄米重 (g/m ²)	同左 指数	穂数 (本/m ²)	1穂 粒数	総 粒数 (×千/m ²)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)	倒伏 程度 (0-4)
早期	2004 移植	4.30	8. 2	9.13	42	22.4	23.8	633	(100)	514	63.0	32.4	84.4	23.2	0.0
	2004 直播	4.28	8. 8	9.25	48	21.4	22.2	499	79	476	57.4	27.3	77.6	23.6	1.9
	2005 移植	4.28	8. 8	9.16	39	23.2	24.2	569	(100)	420	71.7	30.1	83.8	22.6	0.0
	2005 直播	4.27	8.13	9.26	44	22.8	23.8	503	88	414	64.0	26.5	82.6	23.0	0.0
	2006 移植	5.01	8. 8	9.15	38	22.9	24.9	556	(100)	443	63.0	27.9	88.8	22.7	0.0
	2006 直播	4.26	8.16	9.23	38	21.6	24.1	532	96	355	75.1	26.6	87.1	23.0	0.6
	平均 移植	4.30	8. 6	9.15	40	22.8	24.3	586	(100)	459	65.9	30.1	85.7	22.8	0.0
	平均 直播	4.27	8.12	9.25	43	21.9	23.3	512	88	415	65.5	26.8	82.4	23.2	0.8
	有意差(栽培法間差)							ns		ns	ns	ns	ns	*	ns
	2004 移植	5.12	8. 5	9.16	42	22.0	23.0	594	(100)	468	63.5	29.5	83.8	24.0	0.0
普通期	2004 直播	5.12	8.11	9.27	47	21.0	21.2	419	70	430	60.0	25.8	69.4	23.4	1.4
	2005 移植	5.10	8. 9	9.19	41	23.0	24.0	569	(100)	513	61.2	31.4	79.7	22.7	0.0
	2005 直播	5.11	8.17	10. 2	46	22.1	23.4	518	91	473	65.9	31.2	73.0	22.8	0.0
	2006 移植	5.16	8.12	9.20	39	22.4	24.4	547	(100)	507	57.0	28.9	87.5	21.8	1.0
	2006 直播	5.10	8.18	9.26	39	21.2	23.6	563	103	448	64.6	28.9	84.7	23.0	0.6
	平均 移植	5.13	8. 9	9.18	41	22.5	23.8	570	(100)	496	60.6	29.9	83.6	22.8	0.3
	平均 直播	5.11	8.15	9.28	44	21.4	22.7	500	88	450	63.5	28.6	75.7	23.1	0.7
	有意差(栽培法間差)							ns		*	ns	ns	ns	ns	ns
	2004 移植	5.27	8.10	9.24	45	21.0	21.2	513	(100)	512	52.7	26.8	79.9	24.0	0.0
	2004 直播	5.27	8.15	10. 4	50	20.6	20.7	390	76	443	54.3	24.0	68.9	23.6	1.5
晚期	2005 移植	5.30	8.13	9.26	44	22.8	23.8	533	(100)	462	64.5	29.8	77.9	23.0	0.0
	2005 直播	5.25	8.21	10. 5	45	21.2	22.9	496	93	405	62.6	25.3	83.3	23.5	0.0
	2006 移植	5.30	8.19	9.29	41	20.9	23.3	534	(100)	482	67.4	32.3	74.4	22.1	1.6
	2006 直播	5.24	8.22	10. 4	43	20.3	22.8	544	102	513	63.3	32.5	72.8	23.0	2.0
	平均 移植	5.29	8.14	9.26	43	21.6	22.8	527	(100)	485	61.5	29.6	77.4	23.0	0.5
	平均 直播	5.25	8.19	10. 4	46	20.7	22.1	477	90	454	60.1	27.3	75.0	23.4	1.2
	有意差(栽培法間差)							ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns
	早 期	4.30	8. 6	9.15	40	22.8	24.3	586	103	459	65.9	30.1	85.7	22.8	0.0
	普通期	5.13	8. 9	9.18	41	22.5	23.8	570	(100)	496	60.6	29.9	83.6	22.8	0.3
	晩 期	5.29	8.14	9.26	43	21.6	22.8	527	92	485	61.5	29.6	77.4	23.0	0.5
移植	早 期	4.27	8.12	9.25	43	21.9	23.3	512	102	415	65.5	26.8	82.4	23.2	0.8
	普通期	5.11	8.15	9.28	44	21.4	22.7	500	(100)	450	63.5	28.6	75.7	23.1	0.7
	晩 期	5.25	8.19	10. 4	46	20.7	22.1	477	95	454	60.1	27.3	75.0	23.4	1.2
	全作期 移植							561	(100)	480	62.7	29.9	82.2	22.9	0.3
直播	平均 直播							496	88	440	63.0	27.6	77.7	23.2	0.9
	有意差(栽培法間差)							*		**	ns	**	ns	ns	ns

精玄米重、千粒重は1.90mm以上、水分15%換算、**、*：1%および5%水準で有意差有り、ns：有意差無し

	年次	栽培法	移植期 播種期 (月,日)	出穂期 (月,日)	成熟期 (月,日)	登熟 日数 (日)	登熟気温 40日 (℃)	登熟気温 20日 (℃)	精 玄米重 (g/m ²)	同左 指数	穂数 (本/m ²)	1 穂 粉数	総 粉数 (×千/m ²)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)	倒伏 程度 (0-4)
早期	2004	移植														
		直播	4.28	8. 8	9.25	48	21.4	22.2	569		392	71.9	28.2	80.4	25.1	1.0
	2005	移植	4.28	8. 9	9.17	39	23.0	23.9	610	(100)	400	77.6	31.1	81.4	24.1	0.0
		直播	4.27	8.13	9.26	44	22.6	23.9	534	88	335	76.5	25.7	84.4	24.8	0.0
	2006	移植	5. 1	8. 8	9.16	39	22.9	24.9	642	(100)	414	72.4	30.0	89.3	24.1	0.0
		直播	4.26	8.15	9.23	39	21.9	24.2	551	86	326	76.2	24.8	90.2	24.6	0.0
	平均	移植	4.30	8. 9	9.17	39	22.9	24.4	626	(100)	407	75.0	30.5	85.4	24.1	0.0
		直播	4.27	8.12	9.25	44	21.9	23.4	551	87	351	74.8	26.2	85.0	24.8	0.3
有意差(栽培法間差)																
普通期	2004	移植	5.12	8. 3	9.17	45	22.2	23.6	628	(100)	443	62.0	27.3	89.9	25.6	0.0
		直播	5.12	8.11	9.27	47	21.0	21.2	509	81	359	62.0	22.2	88.7	25.8	0.0
	2005	移植	5.10	8. 9	9.21	43	23.0	24.0	629	(100)	484	66.6	32.2	80.8	24.1	0.0
		直播	5.11	8.17	10.02	46	22.1	23.4	515	82	390	65.8	25.6	81.1	24.8	0.0
	2006	移植	5.16	8.13	9.20	38	22.3	24.4	564	(100)	393	69.7	27.4	88.3	23.6	0.0
		直播	5.10	8.17	9.25	39	21.4	23.9	539	96	352	67.4	23.7	90.1	25.2	0.0
	平均	移植	5.13	8. 8	9.19	42	22.5	24.0	607	(100)	440	66.1	29.0	86.3	24.5	0.0
		直播	5.11	8.15	9.28	44	21.5	22.8	521	86	367	65.1	23.8	86.7	25.3	0.0
有意差(栽培法間差)									ns		*	ns	*	ns	ns	ns
晚期	2004	移植	5.27	8.10	9.24	45	22.5	24.1	511	(100)	407	56.0	22.8	87.0	25.8	0.0
		直播	5.27	8.15	10. 4	50	20.6	20.7	467	91	380	62.9	23.9	76.5	25.5	0.0
	2005	移植	5.30	8.13	9.27	45	22.6	23.9	560	(100)	440	71.3	31.3	73.1	24.5	0.2
		直播	5.25	8.21	10. 5	45	20.9	22.8	490	88	346	65.8	22.8	85.4	25.2	0.0
	2006	移植	5.30	8.19	9.29	41	20.9	23.3	531	(100)	376	69.0	26.0	83.6	24.6	0.0
		直播	5.24	8.23	10. 4	42	20.1	22.6	559	105	396	70.3	27.8	80.8	24.9	0.0
	平均	移植	5.29	8.14	9.27	44	22.0	23.8	534	(100)	408	65.5	26.7	81.2	25.0	0.1
		直播	5.25	8.20	10.04	46	20.5	22.0	505	95	374	66.3	24.8	80.9	25.2	0.0
有意差(栽培法間差)									ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns
移植	早 期		4.30	8. 8	9.17	39	22.9	24.4	626	103	407	75.0	30.5	85.4	24.1	0.0
	普通期		5.13	8. 9	9.19	42	22.5	24.0	607	(100)	440	66.1	29.0	86.3	24.5	0.0
	晚 期		5.29	8.14	9.27	44	22.0	23.8	534	88	408	65.5	26.7	81.2	25.0	0.1
直播	早 期		4.27													

Figure 10 consists of two scatter plots showing the relationship between the 20th day's average temperature and the percentage of whole grain yield for different rice varieties and sowing methods.

Left Plot (hitomebore):

- Y-axis:** 整粒歩合 (%) (Whole grain yield percentage, 60-100%)
- X-axis:** 20日登熟気温(℃) (20th day average temperature, 20-25°C)
- Legend:**
 - ◇ 04移植 (04 Transplanting)
 - 05移植 (05 Transplanting)
 - △ 06移植 (06 Transplanting)
 - ◆ 04直播 (04 Direct seeding)
 - 05直播 (05 Direct seeding)
 - ▲ 06直播 (06 Direct seeding)
- Data Points (approximate):**
 - 04移植: (21.2, 80), (23.8, 88), (24.2, 88)
 - 05移植: (21.2, 77), (23.8, 85), (24.2, 85)
 - 06移植: (23.2, 90), (23.8, 91), (24.2, 94)
 - 04直播: (20.8, 85), (21.2, 77), (22.8, 84)
 - 05直播: (23.2, 91), (23.8, 90), (24.2, 82)
 - 06直播: (22.8, 87), (23.2, 91), (23.8, 92), (24.2, 94)

Right Plot (manamumume):

- Y-axis:** 整粒歩合 (%) (Whole grain yield percentage, 60-100%)
- X-axis:** 20日登熟気温(℃) (20th day average temperature, 20-25°C)
- Legend:**
 - ◇ 04移植 (04 Transplanting)
 - 05移植 (05 Transplanting)
 - △ 06移植 (06 Transplanting)
 - ◆ 04直播 (04 Direct seeding)
 - 05直播 (05 Direct seeding)
 - ▲ 06直播 (06 Direct seeding)
- Data Points (approximate):**
 - 04移植: (21.2, 85), (23.8, 83), (24.2, 87)
 - 05移植: (21.2, 79), (23.8, 72), (24.2, 84)
 - 06移植: (23.2, 93), (23.8, 87), (24.2, 91)
 - 04直播: (20.8, 87), (21.2, 84), (22.2, 84)
 - 05直播: (23.2, 88), (23.8, 85), (24.2, 81)
 - 06直播: (22.8, 87), (23.2, 91), (23.8, 92), (24.2, 94)

20日登熟気温：出穂後20日間平均気温。

表11 品質関連形質 (品種：ひとめぼれ)

品種 年次	栽培法	玄米 タンパク (%)	アミロー ス含有率 (%)	味度値	整粒 (%)	未熟粒 (%)	胴割れ (%)	玄米粒形		
								長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)
早期	2004 移植	5.8	18.5	80.7	78.5	17.8	0.5	5.21	2.92	2.00
	2004 直播	6.0	18.5	91.8	83.9	15.1	0.1	5.33	2.86	1.95
	2005 移植	6.1	16.7	72.3	87.9	12.1	0.1	5.15	2.84	1.96
	2005 直播	6.2	18.0	75.3	81.2	18.9	0.0	5.23	2.87	1.93
	2006 移植	5.9	16.7	76.2	91.6	7.9	0.6	5.16	2.83	2.00
	2006 直播	6.3	18.5	79.5	92.1	7.9	0.1	5.08	2.87	1.97
	平均 移植	5.9	17.3	76.4	86.0	12.6	0.4	5.17	2.86	1.98
	平均 直播	6.2	18.3	82.2	85.7	13.9	0.0	5.21	2.87	1.95
	有意差(栽培法間差)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
普通期	2004 移植	5.5	19.4	83.8	89.5	7.1	2.4	5.26	3.01	2.01
	2004 直播	6.3	18.4	88.4	82.9	16.0	0.1	5.30	2.81	1.93
	2005 移植	6.2	16.6	74.4	84.2	15.9	0.0	5.23	2.84	1.97
	2005 直播	6.9	18.4	75.2	86.0	13.1	0.0	5.30	2.84	1.89
	2006 移植	5.9	17.5	76.4	94.3	5.3	0.5	5.03	2.81	1.98
	2006 直播	6.3	19.2	81.3	91.5	8.5	0.1	5.09	2.87	1.97
	平均 移植	5.9	17.8	78.2	89.3	9.4	1.0	5.17	2.88	1.98
	平均 直播	6.5	18.6	81.6	86.8	12.5	0.0	5.23	2.84	1.93
	有意差(栽培法間差)	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
晚期	2004 移植	5.4	18.9	93.0	79.4	19.9	0.0	5.32	2.97	1.96
	2004 直播	6.1	18.6	91.8	84.8	14.0	0.0	5.33	2.82	1.91
	2005 移植	6.1	17.7	70.9	78.2	21.8	0.1	5.25	2.88	1.96
	2005 直播	6.2	19.0	78.2	90.7	9.3	0.0	5.28	2.84	1.94
	2006 移植	5.9	19.3	77.1	91.2	8.6	0.3	5.15	2.85	1.95
	2006 直播	6.2	20.6	84.6	88.0	12.0	0.0	5.21	2.86	1.93
	平均 移植	5.8	18.6	80.3	82.9	16.7	0.1	5.24	2.90	1.95
	平均 直播	6.2	19.4	84.8	87.8	11.8	0.0	5.27	2.84	1.93
	有意差(栽培法間差)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
移植	早期	5.9	17.3	76.4	86.0	12.6	0.4	5.17	2.86	1.98
	普通期	5.9	17.8	78.2	89.3	9.4	1.0	5.17	2.88	1.98
	晚期	5.8	18.6	80.3	82.9	16.7	0.1	5.24	2.90	1.95
直播	早期	6.2	18.3	82.2	85.7	13.9	0.0	5.21	2.87	1.95
	普通期	6.5	18.6	81.6	86.8	12.5	0.0	5.23	2.84	1.93
	晚期	6.2	19.4	84.8	87.8	11.8	0.0	5.27	2.84	1.93
全作期	移植	5.9	17.9	78.3	86.1	12.9	0.5	5.19	2.88	1.97
平均	直播	6.3	18.8	82.9	86.8	12.7	0.0	5.24	2.85	1.93
有意差(栽培法間差)		**	*	**	ns	ns	ns	*	ns	**

**, * : 1%および5%水準で有意差有り、ns : 有意差無し

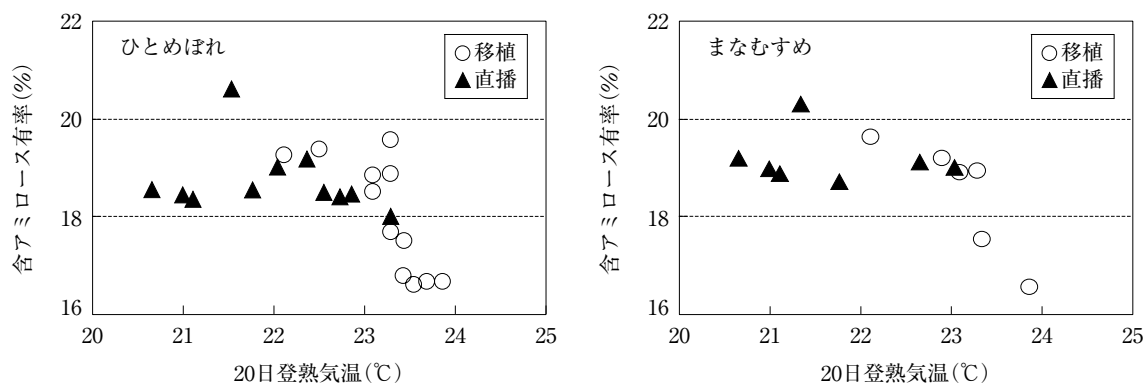


図14 登熟気温と白米中アミロース含有率の関係

20日登熟気温：出穂後20日間平均気温。

表12 品質関連形質（品種：まなむすめ）

品種 年次	栽培法	玄米 タンパク (%)	アミロー ス含有率 (%)	味度値	整粒 (%)	未熟粒 (%)	胴割れ (%)	玄米粒形		
								長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)
早期	2004 移植									
	直播	6.3	18.7	89.9	83.6	15.3	0.2	5.47	2.92	1.96
	2005 移植	6.0			84.0	13.3	0.5	5.23	2.94	2.01
	直播	6.3			80.8	17.6	0.2	5.29	2.99	2.01
	2006 移植	5.8	16.5	78.0	89.6	6.9	3.5	5.36	2.90	2.00
	直播	6.2	19.0	77.3	93.6	4.8	1.7	5.25	2.97	1.98
	平均 移植	5.9	16.5	78.0	86.8	10.1	2.0	5.30	2.92	2.00
	直播	6.3	18.9	83.6	86.0	12.6	0.7	5.33	2.96	1.98
	有意差(栽培法間差)									
普通期	2004 移植	5.8	19.2	88.6	83.5	4.2	11.8	5.38	3.13	2.01
	直播	6.2	18.9	89.1	86.8	12.5	0.1	5.49	2.96	1.96
	2005 移植				86.3	14.0	0.0	5.30	2.97	2.06
	直播				78.6	19.1	0.0	5.32	2.96	2.01
	2006 移植	5.9	17.5	79.6	91.1	5.3	3.8	5.22	2.90	1.99
	直播	6.3	19.1	79.1	91.5	6.4	2.2	5.22	3.00	1.98
	平均 移植	5.9	18.4	84.1	86.9	7.8	5.2	5.30	3.00	2.02
	直播	6.3	19.0	84.1	85.6	12.6	0.8	5.34	2.97	1.98
	有意差(栽培法間差)									
					ns	ns	ns	ns	ns	ns
晚期	2004 移植	5.7	18.9	92.9	84.7	14.3	0.2	5.43	3.08	1.95
	直播	6.2	19.2	87.3	83.6	15.9	0.1	5.48	2.92	1.91
	2005 移植	6.8			72.1	24.4	0.1	5.27	2.97	1.99
	直播	6.4			87.9	11.4	0.0	5.34	2.98	2.01
	2006 移植	6.3	19.6	81.4	93.0	6.5	0.6	5.33	2.97	1.99
	直播	6.3	20.3	83.6	86.6	13.5	0.0	5.35	2.94	1.93
	平均 移植	6.3	19.3	87.2	83.3	15.0	0.3	5.34	3.01	1.98
	直播	6.3	19.8	85.4	86.0	13.6	0.0	5.39	2.95	1.95
	有意差(栽培法間差)									
		ns			ns	ns	ns	ns	ns	ns
移植	早期	5.9	16.5	78.0	86.8	10.1	2.0	5.30	2.92	2.00
	普通期	5.9	18.4	84.1	86.9	7.8	5.2	5.30	3.00	2.02
	晚期	6.3	19.3	87.2	83.3	15.0	0.3	5.34	3.01	1.98
直播	早期	6.3	18.9	83.6	86.0	12.6	0.7	5.33	2.96	1.98
	普通期	6.3	19.0	84.1	85.6	12.6	0.8	5.34	2.97	1.98
	晚期	6.3	19.8	85.4	86.0	13.6	0.0	5.39	2.95	1.95
全作期	移植	5.9	18.4	81.9	85.5	8.5	3.3	5.34	2.99	2.00
平均	直播	6.3	19.3	82.3	86.2	11.2	0.7	5.35	2.96	1.96
有意差(栽培法間差)										
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

**、*：1%および5%水準で有意差有り、ns：有意差無し

表13 早期直播と普通移植における幼穂伸長期温度

	播種期	移植期	出穂期		出穂前-25~0日平均気温(℃)		
			直播	移植	直播	移植	差
実測値							
2004	4.28	5.12	8.9	8.5	25.0	24.0	1.1
2005	4.27	5.10	8.13	8.9	23.9	24.0	-0.1
2006	4.26	5.16	8.16	8.12	23.0	22.0	1.0
平均	4.27	5.12	8.12	8.8	24.0	23.3	0.6

表14 直播における標準播種と遅播種の出穂期・登熟温度比較

		播種期		出穂期		出穂後40日間平均気温(℃)	
		播種期	移植期	直播	移植	直播	移植
実測値							
2004	5.12	5.27	8.11	8.15	20.9	20.5	
2005	5.11	5.25	8.17	8.21	21.9	20.9	
2006	5.10	5.24	8.18	8.22	20.9	20.1	
平均	5.11	5.25	8.15	8.19	21.3	20.5	

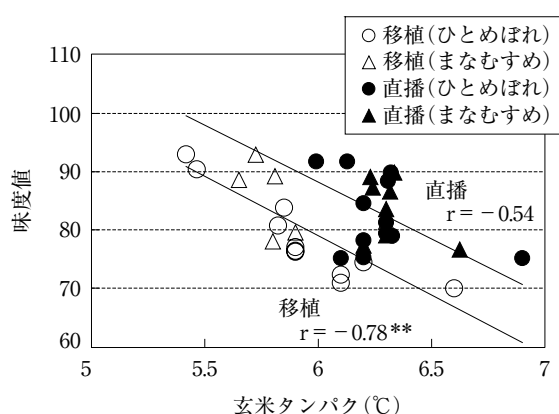


図16 玄米タンパクと味度値の関係

係を図14に示した。白米アミロース含有率は、出穂後20日間の平均気温が23℃以下ではほぼ横ばいであり、23℃以上になると気温が高くなるほど低下した。直播水稻の出穂後20日間の気温は、大半が23℃以下であり、アミロース含有率はほぼ一定であった。このように、直播栽培における出穂の遅れにともなうアミロース含有率の顕著な増加は認められず、食味への影響も小さいものと推察された。

出穂後20日間の平均気温と玄米粒形の「長さ」の関係を図15に示した。玄米粒形の「長さ」は、出穂後20日間の平均気温が高いほど短くなる傾向を示し、その影響は直播栽培の方が明確であった。

4) 玄米タンパクと味度値の関係

玄米タンパク含有率と味度値の関係を図16に示した。移植栽培、直播栽培とも玄米タンパクが高いほど味度値は低下する傾向にあった。しかしながら、同程度の玄米タンパク含有率の場合、移植栽培に比べ直播栽培の味度値が高くなる傾向にあった。この要因として直播栽培では移植栽培と比較して千粒重が大きいことが影響している可能性が考えられる。

2. 直播水稻の障害型冷害回避の有効性と遅延型冷害の危険性の解析

1) 早期直播と普通期移植の関係

早期播種の直播水稻と普通期移植水稻における出穂期と幼穂伸長期の平均気温を表13に示した。直播水稻は移植に比べ、出穂期は各年とも4日程度遅く、出穂前25日の平均気温は高い傾向にあった。このことから、直播水稻は移植に比べ、確実に生育ステージは遅くなり、平年においては穂ばらみ期等の温度が高くなることから、障害型冷害の回避には有効と考えられた。

2) 直播水稻における普通期播種と晩期播種の関係

直播水稻における普通期と晩期の出穂期、登熟温度、収量及び品質関連形質について表14～16に示した。晩期の播種時期は普通期に比べ14日程度遅かったが、出穂期は約4日程度しか遅れなかった。晩期播種の出穂後40日間の平均気温は、普通期播種に比べ0.8℃程度低かったが、安全出穂期（出穂後40日間積算温度800℃ 平均20℃）以内に出穂していた。また、普通期播種と晩期播種では、収量構成要素に明確な差は見られなかったが、「ひとめぼれ」の精玄米重は普通期播種に比べ晩期播種で低かった。さらに、普通期播種と晩期播種の品質については明確な傾向は見られなかった。このように直播水稻の晩期播種は普通期播種に比べ、品質は変わらないが減収するので、気象の年次変動がある中で安全に登熟させるには普通期播種が望ましいと考えられた。

3. まとめ

以上のように、宮城県の直播栽培では移植栽培と比較して収量性の低下が認められたが、その主要因はm²当たりの穂数の減少にともなう粗数不足と、総粗数が少ない割に登熟歩合は同等か低下傾向にあったことによった。また直播水稻において、玄米タンパク含有率の上昇の傾向が見られたが、食味低下につながる程度ではなく、白米アミロース含有率も登熟気温の低下による顕著な増加は認められず、味度値も高い傾向であった。

なお、直播栽培では、移植栽培と比較して穂ばらみ期の気温が高いことから、冷害回避には有利と考えられるが、播種時期が遅すぎると減収の可能性が示唆された。

これらのことから、直播栽培は移植に比べ多少減収するものの、冷害回避の有利性や成熟期の違うこと等を利用して、移植栽培とうまく組み合わせながら、大規模経営に導入していくべきと考えられた。

(浅野真澄・三上雄史・島津裕雄・木川裕美)

秋田県における直播水稻の登熟関連特性と収量・品質関連形質

I はじめに

秋田県においては規模拡大および複合経営の手段として直播栽培の普及が進められている。しかし収量が移植栽培に比較して5～10%劣ることが多く、収量の安定化が求められている。そのため移植栽培と直播栽培の収量および登熟関連特性、玄米品質の比較を行い、直播栽培の安定生産のための資とする。

II 材料と方法

1. 移植水稻と直播水稻の比較試験

1) 耕種概要

試験は秋田県農業試験場内水田圃場で2004年から2006年の3カ年行った。ほ場の土壌はグライ土壌である。水稻の品種はあきたこまちを用いた。中苗移植栽培（以下、移植、栽植密度 22.2株m^{-2} ）と湛水土中直播栽培（以下、直播）を行った。移植日は2004年が5月14日、2005年が5月15日、2006年が5月17日である。直播の播種日は2004年が5月9日、2005年、2006年が5月10日である。直播の播種量は乾籾換算で 0.4kg a^{-1} 、カルパー粉粒剤16の粉衣は乾籾重比1倍量である。播種後は積算平均気温 90°C まで落水管理を行った。落水管理期間は2004年では4日、2005年では10日、2006年では5日であった。また苗立数は2004年では 80本/m^{-2} 、2005年では 62本/m^{-2} 、2006年では 101本/m^{-2} であった。

施肥は、移植では基肥を全層施肥で $\text{N}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O} = 0.6-0.6-0.6\text{kg a}^{-1}$ 行い、追肥を減数分裂期に $\text{N } 0.2\text{kg a}^{-1}$ 行った。直播では基肥を全層施肥で N （速効性：LP70=1:1）- $\text{P}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O} = 0.8-1.07-0.93\text{kg a}^{-1}$ 行い、追肥は減数分裂期に2004年は $\text{N}0.1\text{kg a}^{-1}$ 、2005年は $\text{N}0.2\text{kg a}^{-1}$ 行った。解析に用いた直播水稻の生育データは、2004年は点播と条播2圃場の平均値、2005年、2006年は条播で得られたものである。

2) 調査項目

穂揃い期及び成熟期のサンプリングにより地上部乾物重を測定するとともに、穂揃い期の稈・葉鞘中の非構造化炭水化物含量を大西・堀江（1999）の重量法により測定した。

収量は成熟期に各試験区で無作為に1～2カ所を選び移植は96株、直播は 3.6m^{-2} を採取し、粒厚 1.9mm 以上の精玄米（以下、玄米）の重さを測定し水分15%に換算して算出した。千粒重は精玄米について求めた。1穂籾数と登熟歩合は、成熟期に各試験区における生育調査での平均穂数に近い株を移植は5株、直播は1mを採取して求めた。

玄米タンパク含有率はケルダール法による窒素含有率にタンパク換算係数5.95を乗じて、水分15%換算して求めた。

外観品質は品質判別器（RQI10A サタケ社製）および農政事務所による調査を行った。

2. 直播水稻の品質関連形質と変動要因の検討

1) 耕種概要

試験は2001年から2006年まで秋田農試水田圃場で品種あきたこまちを用いて行った。直播方式は湛水土中条播および点播である。播種日は4月29日～5月21日である。播種量は乾籾換算で 0.4kg a^{-1} 、カルパー粉粒剤16の催芽籾への粉衣は乾籾重比1～1.5倍量である。施肥は基肥（全層または側条施肥）と追肥で合計 $\text{N}0.5\sim1.0\text{kg a}^{-1}$ 行った。

2) 調査項目

玄米タンパク含有率は試験1と同様に求めた。外観品質は農政事務所の調査により求めた。

III 結 果

1. 移植水稻と直播水稻の比較試験

1) 出穂期および登熟気温

出穂期は3カ年の平均で移植は8月3日、直播は8月10日で、直播で7日間遅くなった。出穂後40日間の登熟気温は3カ年の平均で移植は 23.2°C 、直播は 22.1°C で、直播で 1.1°C 低下した。出穂後20日間の登熟気温は3カ年の平均で、移植が 25.1°C 、直播が 23.6°C となり、直播により 1.5°C 低下した（表17）。

2) 収量および収量構成要素

3カ年の収量は移植で $51.0\sim65.0\text{kg a}^{-1}$ 、直播で $40.7\sim57.6\text{kg a}^{-1}$ とどちらの栽培方法においても年次変動が大きかった。各年の比較では、2005年は直播と移植で同等であったが、2004年と2006年は直播で収量が少なく、特に2004年の減収のため、3ヶ年

平均では10%程度の減収となった。2004年の直播の収量が40.7kg a⁻¹と特に少なかったのは、直播では出穂時期が遅く、2004年8月20日の台風による潮風害が大きく、登熟歩合が低下したためと考えられた。

収量構成要素の総粒数は2004年では直播が多くなり、2005年では同等であった。2006年では移植が多くなった。また千粒重は3ヶ年の平均で、移植22.0g、直播22.2gと同等だった。登熟歩合は3カ年の平均では移植が91.4%、直播は90.1%と同等だったが、2004年では直播が84.3%と移植に比べて6.7%低くなり、2005年では直播が94.5%と移植に比べて2.4%高くなった。2006年は同等であった。(表17)

3) 乾物生産およびNSC蓄積

穂揃期の乾物重は3カ年の平均で移植が831g m⁻²、

直播が804g m⁻²で直播が3%程度少なかった。成熟期の乾物重は2005年、2006年2カ年の平均で移植が1341g m⁻²、直播が1374g m⁻²で直播は3%程度多かった。一方、登熟期の乾物増加は2005年、2006年の平均で移植が510g m⁻²、直播が569g m⁻²と、直播は10%程度多かった(表18)。

穂揃期のNSC含有率は3カ年の平均値で移植が38.0%、直播が33.8%と、移植で高かった。m²あたりおよび1kgあたりのNSC量は移植、直播ともに年次変動が大きく、一定の傾向は見られなかった。(表18)

4) 品質関連形質

3カ年の平均で玄米タンパク質含有率は移植で6.6%、直播で6.0%だった。玄米外観品質は移植で2.7、直播で1.8だった。整粒歩合は移植で72.3%、直

表17 登熟条件および収量関連形質

年次	播種期	出穂期 (月・日)	登熟気温 40日 (℃)	登熟気温 20日 (℃)	精 玄米重 (g/m ²)	同左 指数	穂数 (本/m ²)	1穂 粒数	総 粒数 (×千/m ²)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)	倒伏 程度 (0-4)
あきたこまち												
2004	移植	7.31	22.7	24.2	52.0	(100)	393	68.1	26.8	91.0	22.4	0.0
	直播	8.7	21.4	22.0	40.7	78	405	73.1	29.6	84.3	22.2	1.3
2005	移植	8.1	23.8	25.3	51.0	(100)	424	57.0	24.3	92.1	21.9	0.0
	直播	8.10	22.6	24.0	51.4	101	391	62.7	24.5	94.5	22.4	0.0
2006	移植	8.7	23.2	25.8	65.0	(100)	421	74.0	31.2	91.2	21.8	0.5
	直播	8.12	22.4	24.9	57.6	89	492	58.0	28.5	91.6	22.0	0.8
平均	移植	8.3	23.2	25.1	56.0	(100)	413	66.4	27.4	91.4	22.0	0.2
	直播	8.10	22.1	23.6	49.9	89	429	64.6	27.5	90.1	22.2	0.7
		*	*	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns

注。精玄米は粒厚1.90mm以上、水分15%換算。2004-2006年普通期栽培(作柄解析、2006移植を除く)。

図中の*は2元配置の分散分析において5%水準で試験区間に有意差のあることを示す。

図中のNSは2元配置の分散分析において試験区間に有意差のないことを示す。

表18 乾物生産及びNSC蓄積

年次	播種期	登熟気温	穂揃い期				成熟期	登熟期
		40日 (℃)	乾物重 (g/㎡)	NSC (%)	NSC (g/㎡)	NSC (mg/粒)	乾物重 (g/㎡)	乾物増加 (g/㎡)
あきたこまち								
2004	移植	694	37.1	37.1	152	5.7	－	－
	直播	814	34.3	34.3	173	5.8	－	－
2005	移植	847	39.9	39.9	213	8.8	1,196	349
	直播	670	30.6	30.6	126	5.1	1,185	515
2006	移植	951	37.0	37.0	207	6.6	1,485	534
	直播	929	36.4	36.4	215	7.5	1,562	633
平均	移植	831	38.0	38.0	191	7.0	1,341	510
	直播	804	33.8	33.8	171	6.2	1,374	569
		ns	*	*	ns	ns	ns	ns

注。NSC：稈・葉鞘中非構造性炭水化物含量。重量法により測定。

図中の*は2元配置の分散分析において5%水準で試験区間に有意差のあることを示す。

図中のNSは2元配置の分散分析において試験区間に有意差のないことを示す。

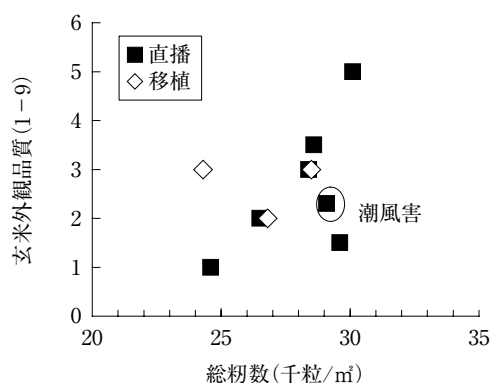


図17 総粒数と玄米外観品質の関係

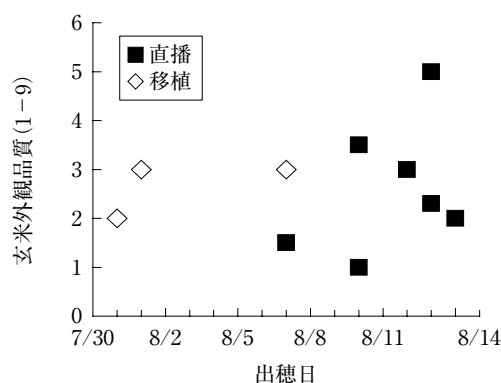


図19 出穂日と玄米外観品質の関係

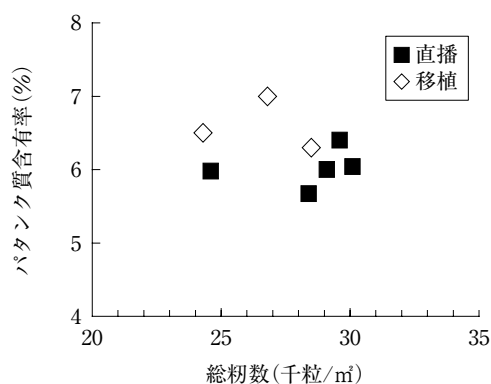


図18 総粒数と玄米タンパク質含有率の関係

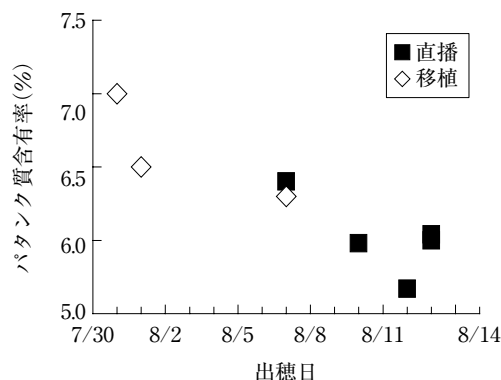


図20 出穂日と玄米タンパク質含有率との関係

播で83.2%だった。直播は移植栽培に比較して、玄米タンパク質含有率と玄米外観品質が高く、整粒歩合も高かった。しかし2006年の直播は整粒歩合の差は小さく、玄米外観品質は同じだった(表19)。

2. 直播水稻の品質関連形質と変動要因の検討

1) 総粒数と玄米外観品質および玄米タンパク質含有率

2004年の潮風害をのぞいて、総粒数が多くなると外観品質は低下し、29千粒 m^{-2} を超えると玄米外観品質が3以上になる傾向が見られた(図17)。一方、総粒数と玄米タンパク質含有率との関係は見られなかった(図18)。

2) 出穂日と玄米外観品質および玄米タンパク質含有率との関係

出穂日が8月13日より遅くなると玄米外観品質は3以上となる傾向が見られた(図19)。また、出穂日が遅くなると玄米タンパク質含有率が低くなる傾向が見られた(図20)。

IV 考 察

1. 移植水稻と直播水稻の比較試験

1) 乾物生産と収量について

直播の出穂期までの生育日数は、移植の育苗期間を35日間とし、移植日、播種日、直播栽培の出穂日が7日程度遅れることをあわせると移植に比較して約20日短くなる。そのため穂揃期までの乾物生産量が少なく、またNSC含有率も低くなっていると考えられた。一方出穂期が7日遅れ、登熟気温が出穂後20日間が1.1℃、40日間が1.5℃低下しているにもかかわらず(表17)、穂揃期から成熟期までの乾物増加量は直播で多くなっている(表18)。これらのことから直播は移植よりも成熟期の乾物重に対する出穂期以降の乾物増加比率が大きくなっており、出穂期以降の気象条件に左右される程度が大きいと考えられる。このことが直播は移植に比較して収量が安定せず、また低くなっている要因の一つと考えられる。

表19 品質関連形質

年次	播種期	玄 米 タンパク (%)	玄米外 観品質 (1-9)	整 粒 (%)	未熟粒 (%)	胴割れ (%)	玄米粒形		
							長 さ (mm)	幅 (mm)	厚 さ (mm)
あきたこまち									
2004	移植	7.0	2.0	85.5	12.8	1.0	5.17	2.89	2.00
	直播	6.4	1.5	80.9	16.5	0.5	5.17	2.85	1.93
2005	移植	6.5	3.0	56.3	43.5	0.3	5.05	2.77	1.94
	直播	6.0	1.0	90.1	9.6	0.3	5.19	2.85	1.91
2006	移植	6.3	3.0	75.0	24.9	0.2	5.11	2.77	1.99
	直播	5.7	3.0	78.5	20.9	0.6	5.12	2.75	1.98
平均	移植	6.6	2.7	72.3	27.1	0.5	5.11	2.81	1.98
	直播	6.0	1.8	83.2	15.7	0.5	5.16	2.82	1.94
		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

注. 玄米タンパクは窒素含有率に係数5.95を乗じ、水分15%換算して求めた。玄米外観品質は、農政事務所調べ。

整粒歩合、未熟粒、胴割れ、玄米粒形は東北農研で測定（穀粒判別器使用）。

図中の*は2元配置の分散分析において5%水準で試験区間に有意差のあることを示す。

図中のNSは2元配置の分散分析において試験区間に有意差のないことを示す。

2) 玄米品質について

直播は移植に比較して玄米タンパク質含有率が低く、玄米外観品質が高く、整粒歩合が高い傾向にある。しかし2006年には直播の収量が57.6kg a⁻¹で秋田県における目標収量並（移植と直播ともにあきたこまちでは57kg a⁻¹である。平成19年度稲作指導指針）の収量となり、玄米タンパク質は低かったが、玄米外観品質および整粒歩合は同等であった。直播においても収量が目標収量並みの場合は、玄米の品質が高いとは限らないと考えられた。

2. 直播水稻の品質関連形質と変動要因の検討

直播においても玄米品質は籾数が増加すると低下する傾向が見られる。移植並の収量を確保する可能性がある30千粒m⁻²以上の籾数では玄米外観品質が低下している（図17）。また出穂日が遅くなると玄米外観品質が下がる傾向があったことから（図19）、籾数が多く出穂が遅れた場合は、その後の気象経過により収量が増加することが考えられるが同時に品質の低下も予想される。

3. ま と め

直播は、出穂までの生育日数が短く、穂揃期までの生育が移植に比べて小さい。そのため成熟期の乾物重に対する出穂後の乾物増加の割合が移植に比べて大きい。これが、収量が大きく変動し、また減収する要因の一つになっていると考えられる。また直播では生産された玄米は移植に比べて高い整粒歩合、低いタンパク質含有率の傾向がある。しかし2006年のように直播の収量が目標収量並になった場合は、玄米品質は移植と同等になると考えられた。直播による玄米が高品質・良食味であるのは、収量が少ない条件での限られた現象であると思われる。

引用文献

- 1) 大西政夫, 堀江 武. 1999. 重量法による水稻各器官中の非構造化炭水化物の簡易定量法. 日作紀. 68: 126-136.

(三浦恒子・若松一幸)

山形県における直播水稻の登熟関連特性と収量・品質関連形質

I はじめに

山形県では湛水土壤中直播栽培を中心に直播面積が増加し、1990年の3.6haから2004年には900.8haにまで達した。しかし、その後漸減傾向にあり2007年には798.6haとなっている。

一方、米価の低下は著しく省力・低コスト技術としての直播栽培は重要性が増している。また、高温登熟による品質低下が問題とされる中、直播栽培においては生育ステージの遅れによる高温登熟回避による品質の確保事例も県内で散見されている。

そこで、直播栽培における諸形質について試験を行い直播栽培の収量・品質の安定化要因を解明する。

II 材料と方法

供試品種は「はえぬき」で2004～2006年に山形県農業総合研究センター内の水田圃場（細粒灰色低地土）で移植と湛水土壤中直播栽培で試験を実施した。移植時期は5月19～20日、栽植密度は22.2株/m²、株当たり苗本数は4本、m²当たり苗本数は88.8本とした。基肥窒素量は6 kg/10a、追肥窒素量は2 kg/10aとした。

湛水土壤中直播栽培の播種時期は4月28～30日、酸素供給剤（カルパー粉粒剤16）を乾籾2倍量湿粉衣した催芽種子を乾籾相当で3.5kg/10a、条間30cmとして条播した。基肥窒素量は4 kg/10a、追肥窒素量は2 kg/10aとした。

播種後は出芽盛期まで概ね10日間程度落水状態で管理、その後入水し除草剤散布等慣行管理に移行した。苗立数は98本/m²以上となり、本県における指標（80～100本/m²）を確保した。

収量、収量構成要素及び玄米品質は定法により調査した。精玄米重、玄米品質は、粒厚1.9mm以上の玄米について調査した。また、各区からサンプリングした穂の1次枝梗および2次枝梗の着生籾数を計数して2次枝梗着生籾割合を算出した。

品質関連形質の分析は東北農業研究センターが担当し、米選後の玄米タンパク含有率を近赤外分光光度計（Infratec1241 フォス・ジャパン社製）を用いて測定するとともに、外観品質および玄米粒形は品質判別器（RQII0A サタケ社製）により調査した。また、精米後の粉碎サンプルの白米アミロース含有率をオートアナライザーⅡ型（ブラン・ルーベ社製）により測定した。さらに、食味計（トーヨー味度メーターMA-90B 東洋精米機製作所社製）を用いて食味評価の指標となる味度値を測定した。

穂揃い期の稈・葉鞘中の非構造性炭水化物（NSC）含有量の分析は重量法（大西・堀江 1999）によった。

III 結 果

1. 出穂登熟気温および収量関連形質

直播栽培では移植栽培に比べ3カ年平均値で出穂期が4日遅くなった。

表20 登熟条件および収量関連形質

年次	播種期	移植・ 直播日 (月・日)	出穂期 (月・日)	登熟気温 40日 (℃)	登熟気温 20日 (℃)	精 玄米重 (g/m ²)	同左 指数	穂数 (本/m ²)	1穂 籾数	総 籾数 (×千/m ²)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)	倒伏 程度 (0-4)
2004	移植	5.20	8.3	23.6	24.8	640	(100)	468	73.6	34.4	88.2	22.3	0
	直播	4.30	8.3	23.6	24.8	584	91	468	65.1	30.5	93.3	22.8	0
2005	移植	5.20	8.4	24.8	25.8	637	(100)	514	71.8	36.9	91.3	21.3	0
	直播	4.28	8.10	24.0	24.6	543	85	452	69.1	31.2	78.3	21.8	0
2006	移植	5.19	8.6	23.3	25.7	629	(100)	485	72.6	35.2	93.4	22.0	0
	直播	4.30	8.12	22.2	24.6	568	90	528	58.9	31.1	88.8	21.7	0
平均	移植	5.20	8.4	23.9	25.4	635	(100)	489	72.7	35.5	91.0	21.9	0
	直播	4.29	8.8	23.3	24.7	565	89	483	64.4	30.9	86.8	22.1	0
有意差(栽培法間差)						**		ns	*	**	ns	ns	ns

注. 精玄米は粒厚1.90mm以上、水分15%換算。**、*：1%および5%水準で有意差有り。ns有意差無し。

直播栽培では移植比99%と移植並に穂数は確保したが、1穂粒数の減少に伴い m^2 当たりの総粒数は移植対比87%と低下した。そのため、収量は移植に対し11%低下したものの、千粒重は移植並であった（表20）。

2. 稈・葉鞘中非構造化炭水化物（NSC）の蓄積

NSC含有率や蓄積量の栽培法間の差は小さいが、直播では粒数が減少することから、粒当たりNSCが高まる傾向にあった（表21）。

3. 品質関連形質

直播栽培では、出穂期の遅れにより、登熟前期20日間の平均気温は 0.6°C 低下した（表20）。しかし、低下程度が 1°C 以下の範囲であったため、食味低下につながるような白米アミロース含有率の増加は認められなかった（表22）。

直播栽培の整粒歩合は2005年、2006年とも移植より高くなった。2004年については移植より整粒歩合

が低下しているが、これは胴割れが多発による低下であり、収穫後の乾燥に問題があったものと推察される（表22）。また、2次枝梗着生割合は年次間のばらつきが大きく判然としなかった（表22）。

Ⅳ 考 察

直播栽培の安定化のためには生育量の確保が重要となるが、播種後の落水による苗立ち率の安定化により、直播栽培においても移植とほぼ同等の生育量が確保され、穂数も移植並となった。

一方、一穂粒数が移植に比べ低下したことにより m^2 当たりの総粒数が減少し精玄米重は低下しているが、これは基肥窒素量を減量していることが影響したと考えられる。このため、直播栽培での基肥の減量程度を小さくすることで収量差を縮小することが可能と推察される。総粒数の減少は1穂粒数の減少によるものであったが（表20）、1穂粒数の減少は2次枝梗着生割合の減少による場合が多いことから、直播栽培は、登熟や品質の安定化に有効であることが示唆された。

一方、直播栽培により出穂期が遅れ、登熟気温が低下し、登熟前期20日間の平均気温が 25°C 以上になり難しく、整粒歩合の低下回避する可能性があることが示唆された。また、食味低下につながる様なアミロース含有率の増加も認められなかった。これらのことから、直播栽培による出穂期の遅れは品質の安定化につながっていると考えられた。

次に、稈・葉鞘中の非構造化炭水化物（NSC）含有率及び蓄積量は年次間差が大きく栽培法による差は判然としないが、直播栽培で粒数が減少することにより一粒当たりの非構造化炭水化物（NSC）蓄積

表21 NSC含有率および蓄積量

年次	播種期	穂揃い期		
		NSC (%)	NSC (g/m^2)	NSC ($\text{mg}/\text{粒}$)
2004	移植	34.9	174	5.1
	直播	40.7	244	8.0
2005	移植	38.6	213	5.8
	直播	37.4	183	5.8
2006	移植	36.8	214	6.1
	直播	36.1	230	7.4
平均	移植	36.8	200	5.6
	直播	38.1	219	7.1
有意差(栽培法間差)		ns	ns	ns

注. NSC：稈・葉鞘中非構造化炭水化物含量。
ns：有意差無し。

表22 品質関連形質

年次	播種期	玄米 タンパク (%)	アミロ ース含有率 (%)	整粒 (%)	未熟粒 (%)	胴割れ (%)	玄米粒形			2次枝梗 着生割合 (%)
							長さ (mm)	幅 (mm)	幅 (mm)	
2004	移植	6.0	18.1	90.0	7.3	0.2	5.11	2.78	1.95	1.95
	直播	5.7	18.2	83.2	9.0	4.0	5.05	2.81	1.99	1.99
2005	移植	6.9	17.0	85.9	13.9	0.2	5.03	2.73	1.92	1.92
	直播	6.5	17.8	89.4	10.5	0.1	5.17	2.79	1.95	1.95
2006	移植	7.4	18.3	85.1	14.3	—	—	—	—	—
	直播	7.7	18.5	86.4	10.3	—	—	—	—	—
平均	移植	6.8	17.8	87.0	11.8	0.2	5.07	2.75	1.93	1.93
	直播	6.5	18.1	87.9	9.0	1.4	5.13	2.79	1.96	1.96
有意差(栽培法間差)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

注. ns：有意差無し。

量は移植同等以上に確保されていた。このような非構造化炭水化物（NSC）の蓄積の増加は直播栽培における登熟の安定化に寄与することが考えられる。

引用文献

- 1) 大西政夫, 堀江 武. 1999. 重量法による水稻各器官中の非構造化炭水化物の簡易定量法. 日作紀. 68: 126-136.

(山川 淳・井上由紀・浅野目謙之・中山芳明)

福島県における湛水直播水稻の登熟関連特性と収量・品質関連形質

I はじめに

集落営農に関する一連の取り組みの中で、水稻直播栽培（直播栽培）の導入が、地域の水田農業を再編するきっかけとなった事例が数多くみられる。そこで福島県では、直播栽培をこれまでの様に低コスト化技術としてだけでなく、稲作の生産構造を改革する起点に位置づけて推進していくことにした。

しかし、福島県の直播栽培面積は2004年までは順調に増加してきたが、それ以降は、1000ha前後にとどまり伸び悩んでいる。このような状況の中、直播栽培の登熟特性を解析し、収量と品質の安定化対策を構築することは、直播栽培を推進する上で重要と考えられる。

そこで、本課題では「直播水稻の登熟特性」に関する連絡試験の中で、移植栽培と湛水直播栽培の生育ステージの相違に起因する、収量、品質及び炭水化物の蓄積量を比較し、直播水稻の登熟特性や品質関連形質の特徴を明らかにすることを目的とした。

II 材料と方法

1. 試験年次：2005年～2006年

2. 試験場所：福島県農業試験場（2005年）、福島県農業総合センター（2006年）

3. 供試品種：ひとめぼれ、コシヒカリ

4. 耕種概要

1) 移植栽培：

移植日 2005年5月1日、15日、2006年5月15日、栽植密度30cm×16cm（20.8株/m²）、植付本数5本/株（2005年）、4本/株（2006年）、施肥量（N成分）基肥ひとめぼれ0.6kg/a、コシヒカリ0.3kg/a、追肥0.2kg/a、（P₂O₅、K₂O成分）基肥0.8kg/a

2) 湛水直播栽培：

播種方式 湛水土中条播、播種日 2005年5月6日、2006年5月9日、播種量0.4kg/a（乾籾換算）、条間30cm、施肥量（N成分）基肥0.3kg/a、追肥0.2kg/a、（P₂O₅、K₂O成分）基肥0.8kg/a、播種後の水管理は、2005年が9日間、2006年が8日間の落水管

理を行い、その後は湛水管理とした。

5. 各調査項目の測定方法

- 1) 収量、収量構成要素：水稻成熟期に各区80株を刈り取った。乾燥後、脱穀調整し、常法により収量及び収量構成要素を算出した。
- 2) 品質関連形質の分析は東北農業研究センターが担当し、米選後の玄米タンパク含有率を近赤外分光光度計（Infratec1241 フォス・ジャパン社製）を用いて測定するとともに、外観品質および玄米粒形は品質判別器（RQI10A サタケ社製）により調査した。また、精米後の粉碎サンプルの白米アミロース含有率をオートアナライザーⅡ型（プラン・ルーベ社製）により測定した。さらに、食味計（トーヨー味度メーターMA-90B 東洋精米機製作所社製）を用いて食味評価の指標となる味度値を測定した。
- 3) 稈・葉鞘中非構造化炭水化物（NSC）含有量：出穂期に生育中庸な稲株を、各区6株採取した。株は、部位別（葉、稈+葉鞘、穂、枯葉）に分け、80℃で通風乾燥した。乾燥後、稈+葉鞘部を粉碎し、東北農業研究センターに依頼し、重量法によりNSC含有率を測定した。

III 結 果

1. 登熟条件、収量及び収量構成要素

移植栽培（移植）と湛水直播栽培（湛直）の登熟条件、収量及び収量構成要素を表23に示した。出穂期は、ひとめぼれ、コシヒカリとも湛直の方が遅く、それに伴って登熟気温も低下した。

精玄米重は湛直で低くなった。湛直の収量低下は、穂数の減少によりm²当たり籾数が確保できなかったためである。m²当たり穂数と籾数を除いて、収量構成要素には、栽培法による有意な差異は認められなかったが、湛直の登熟歩合や千粒重が高い傾向を示した。

2. 玄米品質

玄米品質を表24に示した。なお、2005年の玄米サンプルは坪刈り後の過乾燥により、胴割れ粒が多発

生した。そのため、整粒歩合、未熟粒、胴割れ粒の発生率及び味度値については、2006年のデータのみを対象にした。

玄米の外観品質では、両品種とも整粒歩合、未熟粒、胴割れ粒の発生率に移植と湛直での差異は認められなかった。玄米粒形も同様であった。また、登

熟気温による玄米粒形の変動は、品種と栽培法によって傾向が異なった(図21、22)。

食味を左右する玄米タンパク質、アミロース含有率と、味度値には、栽培法による差はみられなかった。なお、一般に登熟気温が低下すると、アミロース含有率は上昇するが、本試験のひとめぼれでは明

表23 登熟条件、収量及び収量構成要素 (2005～2006年)

品種 年次	栽培法	苗立ち数 (本/㎡)	出穂期 (月・日)	登熟気温 40日 (℃)	登熟気温 20日 (℃)	精 玄米重 (g/㎡)	同左 指数	穂数 (本/㎡)	1穂 初数	総 初数 (×千/㎡)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)	倒伏 程度 (0-4)
ひとめぼれ													
2005	移植	—	8.06	24.6	25.2	600	(100)	482	61.6	29.7	85.4	19.6	0.1
	湛直	73	8.12	23.9	24.6	496	83	383	63.2	24.2	93.6	22.6	2
2006	移植	—	8.08	24.2	26.0	599	(100)	507	61.7	31.2	89.1	22.3	0
	湛直	72	8.12	22.7	25.0	523	87	370	65.4	24.2	94.5	23.3	0
平均	移植	—	8.7	24.4	25.6	600	(100)	495	61.7	30.5	87.3	21.0	0.1
	湛直	73	8.12	23.3	24.8	509	85	377	64.3	24.2	94.1	23.0	1
有意差(栽培法間差)						*		*	ns	*	ns	ns	
コシヒカリ													
2005	移植	—	8.15	23.6	24.7	563	(100)	414	72.2	29.9	83.4	22.6	1
	湛直	80	8.18	23.0	24.2	480	85	330	74.1	24.5	90.4	23.1	3
2006	移植	—	8.14	24.6	22.4	577	(100)	375	76.7	28.8	91.9	22.7	1
	湛直	73	8.18	21.4	23.8	550	95	340	80.5	27.4	90.7	23.1	0.3
平均	移植	—	8.15	24.1	23.6	570	(100)	395	74.5	29.4	87.7	22.7	1
	湛直	77	8.18	22.2	24.0	515	90	335	77.3	26.0	90.6	23.1	1.7
有意差(栽培法間差)						**		**	ns	*	ns	ns	

注. 1) 精玄米重、千粒重は、粒厚1.9mm以上、水分15%換算した値。

2) **、*：1%および5%で有意差有り、ns：有意差無しを表す。

表24 玄米品質

品種 年次	栽培法	整粒 (%)	未熟粒 (%)	胴割れ (%)	玄米粒形			玄米 タンパク (%)	アミロース含有率 (%)	味度値
					長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)			
ひとめぼれ										
2005	移植	59.5	32.3	8.3	4.86	2.64	1.88	6.5	—	37
	湛直	28.4	40.5	31.1	4.52	2.61	1.87	5.7	18.9	29
2006	移植	91.4	7.3	1.5	5.06	2.85	1.99	5.6	18.3	80
	湛直	93.1	5.8	1.3	5.10	2.88	2.00	5.9	17.8	79
平均	移植	75.5	19.8	4.9	4.96	2.75	1.94	6.1	18.3	58
	湛直	60.8	23.2	16.2	4.81	2.75	1.94	5.8	17.5	54
有意差(栽培法間差)					ns	ns	ns	ns		
コシヒカリ										
2005	移植	87.2	12.8	0.1	5.05	2.94	1.93	6.2	19.0	59
	直播	91.0	7.8	1.3	5.10	2.98	1.93	5.9	18.3	67
2006	移植	91.9	8.1	0.1	4.98	2.93	1.93	5.5	19.9	84
	直播	90.7	9.1	0.2	4.99	2.93	1.96	5.6	20.2	84
平均	移植	72.0	10.5	0.1	5.02	2.94	1.93	5.9	18.7	72
	直播	75.0	8.5	0.8	5.05	2.96	1.95	5.8	19.3	75
有意差(栽培法間差)					ns	ns	ns	ns	ns	

注. 1) 玄米外観品質、玄米タンパク、アミロース含有率、味度値は東北農業研究センターによる調査結果。

2) 2005年の玄米サンプルは、刈り取り後の過乾燥により胴割れ粒が多発生し、外観品質、味度値が著しく低下したため、整粒、未熟粒、胴割れ、味度値について統計処理を省略した。

3) **、*：1%および5%で有意差有り、ns：有意差無しを表す。

確な変動が認められなかった（図23）。また、コシヒカリにおいて、登熟気温が22℃以下に低下した条件でのアミロース含有率の上昇は認められなかった（図24）。

3. 乾物生産及び非構造的炭水化物（NSC）の蓄積量

穂揃期の乾物重は、ひとめぼれで湛直が低い傾向を示し、コシヒカリでは差がなかった（表25）。

登熟期間の乾物生産については、ひとめぼれではデータ不足により一定の傾向を把握することが困難

であった。コシヒカリでは、穂揃い期の乾物重は移植に比較して湛直で乾物生産が減少した。

コシヒカリのNSC蓄積量には、栽培法による差は認められなかった。

Ⅳ 考 察

本試験では、湛直の収量は移植より低下した。しかし、玄米品質と食味に関連する形質には、栽培法による差がみられなかった。

そのため、福島県の湛直では、収量が移植に劣る

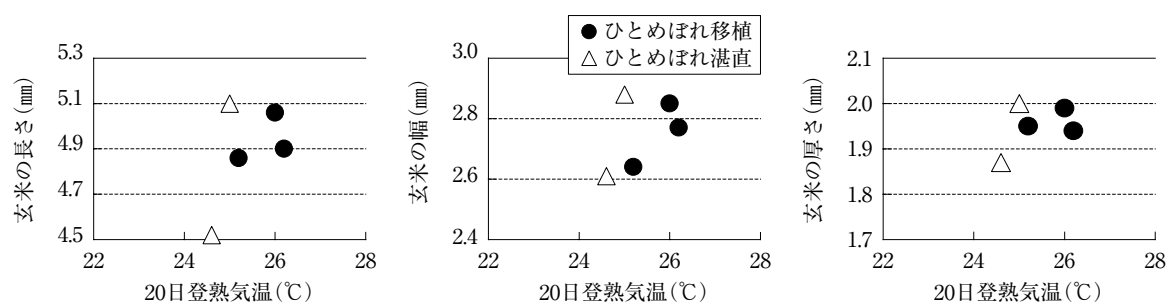


図21 登熟気温が玄米粒形に及ぼす影響（ひとめぼれ）

20日登熟気温：出穂後20日間平均気温。

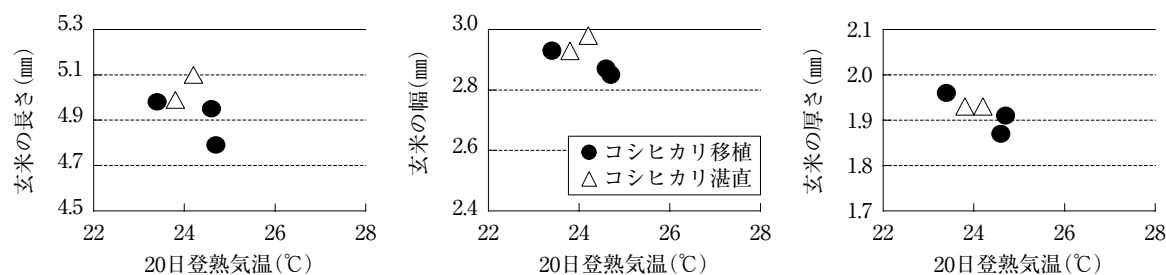


図22 登熟気温が玄米粒形に及ぼす影響（コシヒカリ）

20日登熟気温：出穂後20日間平均気温。

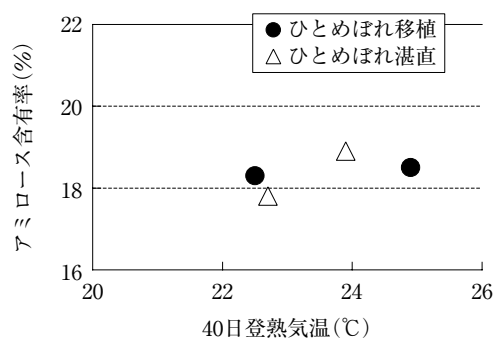


図23 登熟気温がアミロース含有率に及ぼす影響（ひとめぼれ）

40日登熟気温：出穂後40日間平均気温。

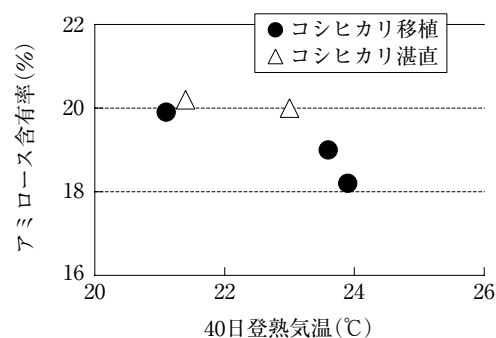


図24 登熟気温がアミロース含有率に及ぼす影響（コシヒカリ）

40日登熟気温：出穂後40日間平均気温。

表25 乾物生産及びNSC蓄積量

品種 年次	栽培法	穂揃期				成熟期乾物重 (g/m ²)	登熟期間中の 乾物増加量(g/m ²)
		乾物重(g/m ²)	NSC(%)	NSC(g/m ²)	NSC(mg/粒)		
ひとめぼれ							
2005	移植	943	39.6	373	12.6	1,219	276
	湛直	809	34.8	282	11.7	1,283	474
2006	移植	918	37.3	342	11.0	1,340	422
	湛直	787	—	—	—	—	—
平均	移植	931	38.5	358	11.8	1,280	349
	湛直	798	34.8	282	11.7	1,283	474
有意差(栽培法間差)		**					
コシヒカリ							
2005	移植	907	35.0	317	10.6	1,376	469
	湛直	829	36.6	303	12.4	1,204	375
2006	移植	852	37.1	316	11.0	1,209	357
	湛直	929	33.8	314	11.5	1,281	352
平均	移植	880	36.1	317	10.8	1,293	413
	湛直	879	35.2	309	11.9	1,243	364
有意差(栽培法間差)		ns	ns	ns	ns	*	*

注 1) NSC：葉鞘に蓄積される非構造的炭水化物。東北農業研究センターによる分析結果。

2) **, *：1%および5%で有意差有り、ns：有意差無しを表す。

ものの、玄米品質は移植並を確保できると考えられた。

試験結果から得られた湛直の優位性は、登熟期間の気温低下による高温登熟の回避である。これに関しては、試験2カ年が高温登熟年でなかったために、移植日を早め登熟気温を上昇させて検討し、データを蓄積する必要がある。

本試験では、穂揃期のNSC蓄積量に、栽培法による差はみられなかった。

これまで、乾田直播栽培では、出穂までに蓄積する炭水化物の量が少なく、収量が登熟期間の乾物生産に依存するため、天候不良年における収量・品質の不安定性が指摘されている（島宗ら 2001）。一方で、鈴木ら（2005）は、湛直では移植に比較してm²当たり籾数が増加しても、玄米品質が低下しにくいことを報告している。

しかしながら、栽培法の違いが、出穂前後の炭水化物の蓄積量や乾物生産量に及ぼす影響について

は、県内各地でのデータ蓄積が十分でなく、今後の検討を要する。

以上のことから、福島県における湛水直播栽培を推進するためには、導入のメリットとなる高温登熟障害の回避効果についての検証が必要である。次に、湛水直播栽培で認められた収量の低下や天候不順時の収量安定性などについての技術対策を強化することが必要であると考えられる。

引用文献

- 1) 島宗知行, 小林祐一, 吉田直史, 斎藤弘文. 2001. 乾田直播栽培における水稻の登熟特性. 東北農業研究. 54: 39-40.
- 2) 鈴木幸雄, 伊藤博樹, 荒井義光, 荒川市郎. 2005. 湛水直播栽培「ふくみらい」の苗立ちと品質・収量. 日作東北支部報. 48: 79-80.

（島宗知行・鈴木幸夫）

福島県における乾田直播水稻の登熟関連特性と収量・品質関連形質

I はじめに

福島県における水稻直播栽培は、省力化・コスト低減・作期分散の有効な手段として1996年から推進しており、その栽培面積は2006年で997ha（うち乾田直播栽培面積は39ha）となっている。

このような状況の中、「直播水稻の登熟特性」に関する連絡試験で、移植栽培と乾田直播栽培の生育ステージ、収量・品質及び非構造化炭水化物含量を比較し、直播水稻の登熟特性や品質関連形質の特徴を明らかにしようと試みたので結果を報告する。

II 材料と方法

試験は2004～2006年に、福島県相馬市の福島県農

業総合センター浜地域研究所内圃場で行った。乾田直播栽培・移植栽培とも品種は、あきたこまち、ひとめぼれを用いた。

乾田直播栽培は、早播：4月7～10日、標播：4月22～26日とし、播種量は0.60～0.88kg/aとした。播種当日逆転ロータリによる1回の耕耘後、傾斜ベルト式小型播種機により条播（条間30cm）した。基肥窒素量は緩効性肥料（LP70）で0.8kg/a、穂肥は幼穂形成期に硫酸で0.2kg/aとした。

乾田直播栽培は、播種後出芽まで乾田状態で管理したが、降水が少なく圃場が乾燥した場合にはフラッシングを実施した。春期低温年や早播では出芽がやや不良になったものの、苗立ち数は3ヶ年平均で約120本/m²となった。なお、入水期は稲が3～4

表26 登熟条件および収量

品 種	品 種 年次	栽 培 法	播種期 移植期 (月/日)	苗立 ち数 (本/m ²)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	登熟 日数 (日)	40日 登熟気温 (℃)	精玄 米重 (kg/a)	同左 指数	穂数 (本/m ²)	穂数/ 苗立ち数 (本)	1穂 米粉数 (粒/穂)	m ² 米粉数 (×100/m ²)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)	倒伏 程度 (0-4)
あ き た こ ま ち	2004	移植	5.10	—	7.26	9.3	39	24.2	67.3	(100)	514	—	71.2	366	88.6	21.3	3.3
		早播	4.7	87	8.1	9.12	42	23.7	49.6	74	342	3.9	73.0	250	88.8	22.9	0.0
		標播	4.22	106	8.3	9.16	44	23.3	56.3	84	386	3.6	77.1	298	88.1	22.9	0.0
	2005	移植	5.9	—	8.3	9.12	40	24.7	56.3	(100)	457	—	76.1	348	83.6	20.4	2.4
		早播	4.8	69	8.10	9.22	43	24.0	44.1	78	284	4.1	73.6	209	90.9	23.4	0.0
		標播	4.25	100	8.10	9.22	43	24.0	43.8	78	313	3.1	67.5	211	91.4	23.4	0.0
	2006	移植	5.10	—	8.2	9.10	39	23.8	61.4	(100)	478	—	71.3	341	89.6	20.7	2.6
		早播	4.10	188	8.11	9.23	43	22.7	55.8	91	411	2.2	67.6	278	92.1	22.9	0.2
		標播	4.26	192	8.12	9.25	44	22.6	55.3	90	420	2.2	67.4	283	91.5	22.6	0.2
	平均	移植	5.10	—	7.31	9.8	39	24.2	61.7 _a	(100)	483 _a	—	72.9	352 _a	87.3	20.8 _a	2.8
		早播	4.8	115	8.7	9.19	43	23.5	49.8 _b	81	346 _b	3.4	71.4	246 _b	90.6	23.1 _b	0.1
		標播	4.24	133	8.8	9.21	44	23.3	51.8 _b	84	373 _b	3.0	70.7	264 _b	90.3	23.0 _b	0.1
ひ と め ぼ れ	2004	移植	5.10	—	7.30	9.9	41	23.8	68.4	(100)	545	—	63.6	346	86.5	23.1	1.5
		早播	4.7	147	8.8	9.22	45	22.5	55.5	81	410	2.8	66.7	273	87.9	23.4	0.0
		標播	4.22	97	8.10	9.24	45	22.2	56.6	83	411	4.2	68.4	281	85.4	23.2	0.0
	2005	移植	5.9	—	8.7	9.18	42	24.3	58.0	(100)	493	—	66.2	326	83.1	22.2	2.5
		早播	4.8	70	8.15	9.27	43	23.6	50.3	87	323	4.6	82.3	266	85.3	23.2	0.0
		標播	4.25	90	8.15	9.28	44	23.6	55.6	96	386	4.3	74.0	286	84.4	23.0	0.0
	2006	移植	5.10	—	8.6	9.16	41	23.3	61.4	(100)	497	—	64.7	322	87.1	21.9	2.4
		早播	4.10	150	8.15	9.30	46	22.2	59.9	98	402	2.7	74.0	297	92.9	23.1	1.4
		標播	4.26	158	8.16	10.2	47	22.0	56.9	93	407	2.6	70.1	285	92.3	22.8	0.6
	平均	移植	5.10	—	8.4	9.14	41	23.8	62.6	(100)	512 _a	—	64.8	331 _a	85.6	22.4 _a	2.1
		早播	4.8	122	8.13	9.26	45	22.8	55.2	88	378 _b	3.4	74.3	279 _b	88.7	23.2 _b	0.5
		標播	4.24	115	8.14	9.28	45	22.6	56.4	90	401 _b	3.7	70.8	284 _b	87.4	23.0 _b	0.2

注. 移植日：5月10日（稚苗）、栽植密度：14×30cm（4本/株移植）。
乾田直播栽培は早播と標播で実施した。
精玄米重は粒厚1.8mm以上。
40日登熟気温：出穂後40日間の平均気温。
異なる文字の間にはTukeyの多重検定で6%水準で有意差がある。

葉期となる6月10日前後とした。その後の水管理は出穂期まで間断灌漑とした。

移植栽培の移植期は5月9～10日で、条間30cm×株間14cmの1株3本植えとした。基肥窒素量は化成肥料で0.6kg/a、穂肥は幼穂形成期に硫安で0.2kg/aとした。

出穂期に稲株をサンプリングし、稈・葉鞘中の非構造性炭水化物（NSC）含量を重量法（大西・堀江 1999）により測定した。成熟期には、収量および収量構成要素の調査を行った。

品質関連性質として、米選後の玄米タンパク含有率を近赤外分光光度計（Infratec1241 フォス・ジャパン社製）を用いて測定するとともに、外観品質および玄米粒形は品質判別器（RQI10A サタケ社製）により調査した。また、精米後の粉碎サンプルの白米アミロース含有率をオートアナライザーⅡ型（ブラン・ルーベ社製）により測定した。さらに、食味計（トーヨー味度メーターMA-90B 東洋精米

機製作所社製）を用いて食味評価の指標となる味度値を測定した。

Ⅲ 結果と考察

1. 収量、収量構成要素及び登熟条件

乾田直播栽培では、出穂期が移植栽培より6～10日遅かった。また、出穂の遅れにより登熟期間の気温も1℃前後移植栽培より低かった（表26）。

乾田直播栽培は、m²粗数が移植栽培より少なかったものの、登熟歩合が移植並み～やや高く、千粒重は移植より大きかった（表26）。

移植栽培との収量比較では、乾田直播栽培あきたこまちの収量指数（移植を100）は74～91、でひとめばれでは81～98とそれぞれ少なかった（表26）。

乾田直播栽培の収量が移植栽培より低いのは、穂数の減少によりm²粗数が減少したと考えられた。移植栽培との収量比が90を超えた2006年は、他年次よりm²粗数が多く、登熟歩合も高かった。この年

表27 地上部乾物重とNSC蓄積

品 種	品 種 年 次	栽 培 法	出穂期				NSC 含有率 (%)	NSC量			成熟期 乾物重 (g/m ²)	乾 物 増加量 (g/m ²)	同 左 一 穂 当たり (g/本)	
			乾物重		茎当たり			m ² 当たり (g/m ²)	一 穂 当たり (mg/穂)	1 粗 当たり (mg/粗)				
			全 体 (g/m ²)	茎 (g/m ²)	葉 (g/m ²)	茎 重 (g/本)	葉 重 (g/本)							
あきたこまち	2004	移植	989	609	225	1.19	0.44	32.0	195	381	5.4	1,577	588	1.14
		早播	689	426	166	1.25	0.49	34.6	147	433	5.9	1,147	458	1.34
		標播	939	449	176	1.16	0.46	34.9	157	405	5.3	1,439	500	1.30
	2005	移植	853	523	204	1.15	0.45	36.1	189	415	5.5	1,393	540	1.18
		早播	488	290	126	1.02	0.44	35.2	102	359	4.9	962	474	1.67
		標播	556	331	144	1.05	0.46	36.0	119	378	5.6	1,027	471	1.50
	2006	移植	922	550	222	1.15	0.46	34.9	192	401	5.6	1,392	470	0.98
		早播	836	519	189	1.26	0.46	36.9	192	465	6.9	1,264	428	1.04
		標播	701	432	169	1.03	0.40	38.2	165	393	5.8	1,176	475	1.13
	平均	移植	921	561 a	217 a	1.16	0.45	34.3	192	399	5.5	1,454	533	1.10
		早播	671	412b	160b	1.18	0.46	35.6	147	419	5.9	1,124	453	1.35
		標播	732	404b	163b	1.08	0.44	36.4	147	392	5.6	1,214	482	1.31
ひとめばれ	2004	移植	1,025	619	234	1.14	0.43	29.8	184	340	5.3	1,558	533	0.98
		早播	884	546	193	1.33	0.47	33.7	184	448	6.7	1,129	245	0.60
		標播	772	486	169	1.18	0.41	35.3	172	417	6.1	1,284	512	1.25
	2005	移植	924	562	218	1.14	0.44	34.0	191	388	5.9	1,408	484	0.98
		早播	757	453	183	1.40	0.57	31.7	144	444	5.4	1,381	624	1.93
		標播	737	450	167	1.16	0.42	33.5	151	389	5.3	1,367	630	1.57
	2006	移植	906	537	217	1.08	0.44	32.4	174	350	5.4	1,359	453	0.91
		早播	839	484	187	1.25	0.48	34.2	166	428	5.8	1,210	371	0.96
		標播	975	595	218	1.46	0.54	36.6	218	534	7.6	1,373	398	0.98
	平均	移植	952	573	223	1.12	0.44	32.1	183	359	5.5	1,442	490	0.96
		早播	827	494	188	1.33	0.51	33.2	165	440	6.0	1,240	413	1.16
		標播	828	510	185	1.27	0.46	35.1	180	447	6.3	1,341	513	1.27

注. NSC：稈・葉鞘中の非構造性炭水化物。
乾田直播栽培は早播と標播で実施した。
異なる文字の間にはTukeyの多重検定で5%水準で有意差がある。

は、苗立ち数が多く、 m^2 穂数も多くなっているが、穂数／苗立ち数を見ると、他の年次より数値が小さく、主茎依存型であったことも登熟歩合が高まった一因と考えられた。

2. 乾物生産とNSC含量

出穂期の m^2 当たり乾物重は乾田直播栽培で小さかったものの、一茎当たりで見ると、移植栽培より茎重が重かった。また、乾田直播栽培では茎当たりの葉重が、移植栽培並～やや重かった（表27）。

登熟期の乾物増加は乾田直播栽培が移植栽培より小さいが、一穂当たりで見ると移植栽培より大きかった（表27）。

乾田直播栽培のNSC含有率は、2004年、2006年では乾田直播栽培のほうが移植栽培よりやや高かった（表27）。両年の出穂前15日間の気象条件をみると、移植栽培より乾田直播栽培のほうが気温が高く、日照時間が多かった（表28）。2005年の乾田直播栽培のNSC含有率は、あきたこまちで移植栽培並、ひとめぼれで移植栽培より低かった。この年の出穂期前15日間の日照時間は、ひとめぼれでは乾田直播栽培のほうが少なかった（表28）。

本県では梅雨後半の7月中旬に低温・少照となることが多いが、乾田直播栽培は生育ステージが移植栽培より遅くなるため、この時期を回避し、移植栽培より出穂期前の気温が高く、日照時間が多くなり、乾田直播栽培のほうが移植栽培より出穂期の茎の非構造的炭水化物の蓄積が多くなると考えられる。

3. 品質関連形質

玄米タンパクは乾田直播栽培が移植栽培並～やや低く、味度値は2005年の早播あきたこまちを除き高

かった（表29）。また、白米アミロース含有率は、移植栽培より乾田直播栽培が高かった（表29）。これは、乾田直播栽培は登熟気温が低いためと思われる。

整粒歩合は移植栽培より乾田直播栽培が高く（表29）、乾田直播栽培の玄米粒形は、移植栽培と比較

表28 出穂前15日間の気象条件

品 種	年次	栽 培 法	播種期 移植期 (月/日)	出穂期 (月/日)	出穂前15日間	
					平均気温 ($^{\circ}C$)	日照時間 (hr)
あきたこまち	2004	移植	5.10	7.26	24.2	57.2
		早播	4.7	8.1	26.0	95.5
		標播	4.22	8.3	26.2	110.5
	2005	移植	5.9	8.3	23.4	44.6
		早播	4.8	8.10	25.8	78.6
		標播	4.25	8.10	25.8	78.6
	2006	移植	5.10	8.2	20.7	27.0
		早播	4.10	8.11	23.0	75.9
		標播	4.26	8.12	22.9	72.3
	平均	移植	5.10	7.31	22.8	42.9
		早播	4.8	8.7	24.9	83.3
		標播	4.24	8.8	25.0	87.1
ひとめぼれ	2004	移植	5.10	7.30	25.4	77.3
		早播	4.7	8.8	26.8	114.5
		標播	4.22	8.10	26.7	117.1
	2005	移植	5.9	8.7	24.8	71.0
		早播	4.8	8.15	25.9	48.8
		標播	4.25	8.15	25.9	48.8
	2006	移植	5.10	8.6	22.2	61.2
		早播	4.10	8.15	23.3	76.6
		標播	4.26	8.16	23.5	76.6
	平均	移植	5.10	8.4	24.1	69.8
		早播	4.8	8.13	25.3	80.0
		標播	4.24	8.14	25.4	80.8

注．アメダス相馬の気象データを使用した。

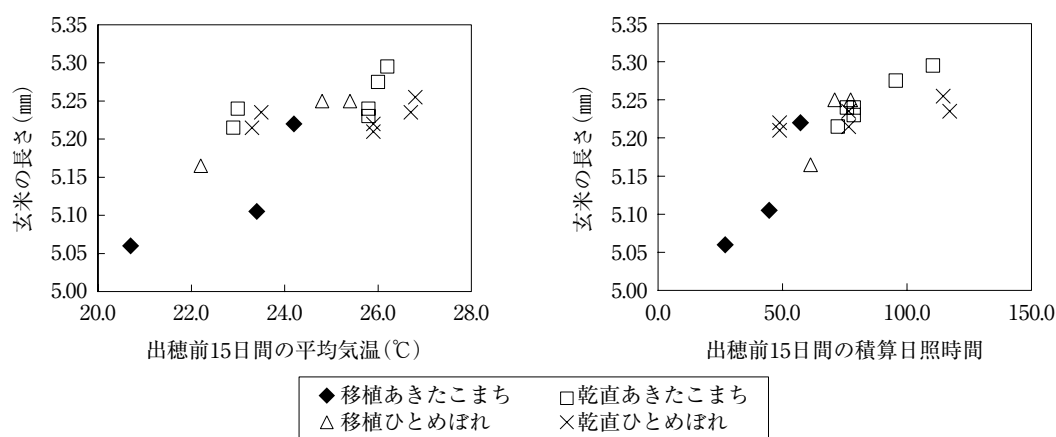


図25 出穂前15日間の平均気温・日照時間と玄米長さ

表29 品質関連形質

品種	年次	栽培 法	播種期 移植期 (月/日)	玄米 タンパク (%)	アミロース (%)	味度値	整粒 (%)	未熟粒 (%)	胴割れ (%)	玄米粒形		
										長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)
あきたこまち	2004	移植	5.10	6.4	18.0	—	89.4	9.9	0.1	5.22	2.78	1.93
		早播	4.7	5.9	19.6	—	96.0	3.5	0.1	5.28	2.88	1.96
		標播	4.22	6.1	20.1	—	95.7	3.8	0.2	5.30	2.89	1.95
	2005	移植	5.9	7.2	18.0	54.2	78.7	21.4	0.0	5.11	2.72	1.87
		早播	4.8	6.8	—	53.4	93.0	7.0	0.0	5.24	2.87	1.91
		標播	4.25	6.7	17.7	58.9	92.0	8.0	0.1	5.23	2.87	1.92
	2006	移植	5.10	7.3	16.4	66.7	94.2	5.9	0.0	5.06	2.70	1.91
		早播	4.10	6.6	16.9	71.8	96.7	2.9	0.5	5.24	2.87	1.98
		標播	4.26	6.4	17.7	75.1	97.6	2.0	0.5	5.22	2.86	1.96
	平均	移植	5.10	7.0	17.5	60.4	87.4	12.4	0.0	5.13	2.73	1.90
		早播	4.8	6.4	18.3	62.6	95.2	4.5	0.2	5.25	2.87	1.95
		標播	4.24	6.4	18.5	67.0	95.1	4.6	0.2	5.25	2.87	1.94
ひとめぼれ	2004	移植	5.10	5.7	19.1	—	83.4	14.1	0.0	5.25	2.87	1.98
		早播	4.7	5.7	20.5	—	91.8	7.5	0.0	5.26	2.90	1.97
		標播	4.22	5.6	20.2	—	88.8	10.7	0.0	5.24	2.88	1.96
	2005	移植	5.9	6.9	18.2	59.0	80.3	19.7	0.0	5.25	2.84	1.89
		早播	4.8	6.9	—	62.2	82.0	18.1	0.0	5.21	2.86	1.91
		標播	4.25	6.6	18.8	60.1	79.7	20.4	0.0	5.22	2.87	1.90
	2006	移植	5.10	6.9	16.4	69.0	89.4	10.6	0.0	5.17	2.75	1.93
		早播	4.10	6.7	17.4	73.1	95.9	4.1	0.1	5.22	2.89	1.96
		標播	4.26	6.4	17.8	72.8	96.4	3.6	0.1	5.24	2.88	1.96
	平均	移植	5.10	6.5	17.9	64.0	84.4	14.8	0.0	5.22	2.82	1.93
		早播	4.8	6.4	18.9	67.6	89.9	9.9	0.0	5.23	2.88	1.94
		標播	4.24	6.2	18.9	66.5	88.3	11.5	0.0	5.23	2.87	1.94

注. 1.9mm選別のサンプルを使用した。

異なる文字の間にはTukeyの多重検定で5%水準で有意差がある。

して「長さ」、「幅」が増大した(表29)。

玄米の「長さ」は、出穂前15日間の気温が高く、日照時間が多いと長くなった(図25)。この時期は籾殻の大きさが決まる時期であることから、乾田直播栽培では籾殻が大きくなっているため、玄米も大きくなり易いと思われる。

これらのことから、乾田直播栽培のほうが移植栽培より味度値が向上していたが、これにはタンパク低下や玄米粒形の大型化が関与すると考えられる。

4. ま と め

一連の試験で乾田直播栽培では、収量は移植栽培に劣るものの、品質は劣らなかった。

乾田直播栽培は、移植栽培に比べ登熟期間の温度は低いものの、移植栽培より m^2 籾数が少ないこと、また、出穂期のNSC含有率も高いことから、登熟が十分に行われ、未熟粒が少なく、登熟歩合が高く、品質や食味は低下しないと考えられた。

引用文献

- 1) 大西政夫, 堀江武. 1999. 重量法による水稻各器官中の非構造化炭水化合物の簡易定量法. 日作紀. 68: 126-136.

(木田義信・佐々木園子)

東北地域における直播水稻の登熟特性と品質関連形質の特徴

I はじめに

水稻の直播栽培は、育苗作業や育苗施設が不要となる点で移植栽培と比較して省力性が高く、稲作の大規模化に有効な技術として位置付けられ、集落営農の推進や担い手への農地集積において、その導入が重要になる。また、農業生産に占める水稻作の比率が相対的に高い東北地域では、このような直播栽培導入の重要性が高い。しかしながら、東北地域では8月下旬以降の気温の低下が顕著となるために、移植栽培と比較して出穂期が遅れる直播栽培は、登熟気温の低下による収量、品質への悪影響が懸念される。

一方、寒冷地における水稻の直播栽培では、移植水稻との生育ステージのズレによる障害型冷害の危険期分散に対する有効性が指摘されるとともに（吉永ら 2007）、直播栽培による出穂の遅れは、近年問題が顕在化している高温登熟によるコメ品質低下の抑制に有効になることが示唆されている（吉永ら 2006）。

このように、東北地域への直播栽培の導入には多様な側面があるものの、これまで寒冷地における直播水稻の品質特性の詳細な検討事例は少なく、特に東北地域全体を含めて総括するような解析が近年行われていない。そこで、東北各県の参画により2004年から2006年に実施した連絡試験において行った各地の移植および直播栽培の作期試験結果をもとに、東北地域における直播水稻の登熟特性と品質関連形質の特徴について解析を行った。

謝辞：3カ年にわたる連絡試験では、東北各県の試験研究機関の試験担当者にご多大なるご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

II 材料と方法

1. 連絡試験の概要

東北各県の農業試験研究機関及び東北農業研究センターにおける移植および直播圃場試験（2004～2006年）の作期試験データを収集するとともに、各地における収量調査後の玄米サンプルを収集し、米粒成分や外観品質の調査を東北農業研究センターに

おいて一括して行った。各地の作期試験の施肥法や播種量は各地の慣行法に準じた（詳細は本研究資料の各県の取りまとめ参照）。

なお、東北農業研究センターにおいては、移植栽培3作期（早植え：5月9～10日、普通期：5月23～24日、遅植え：6月6～7日）、直播栽培3作期（早播き：4月27～30日、普通期：5月12～14日、晩播：5月26～28日）それぞれ設定した。また、移植では、条間30cm×株間15cm（22.2株/m²）1株3本を手植えし、直播では、条間30cm×株間15cm（22.2株/m²）の1株5粒点播の苗立ち後に、1株3本（苗立ち密度66.6本/m²）に補正した。

2. 試験地および品種

試験は、青森県農林総合研究センター（青森県黒石市）、岩手県農業研究センター（岩手県北上市）、宮城県古川農業試験場（宮城県大崎市）、秋田県農林水産技術センター農業試験場（秋田県秋田市）、山形県農業総合研究センター（山形県山形市）、福島県農業総合センター（福島県郡山市、河沼郡、相馬市）および東北農業研究センター（秋田県大仙市）の東北6県、延べ9カ所において実施した。

年次と試験地に対応した供試品種は表30に示したとおりで、各地の基幹品種とした。

3. 調査項目

出穂期および刈りによる収量、収量構成要素を調査した。このときの玄米篩選は1.90mmで統一した。また、各区からサンプリングした穂の枝梗別の着生粒を計数して2次枝梗着生粒割合を算出した。

品質関連形質として、米選後の玄米タンパク含有率を近赤外分光光度計（Infratec1241 フォス・ジャパン社製）を用いて測定するとともに、外観品質および玄米粒形は品質判別器（RQI10A サタケ社製）により調査した。また、精米後の粉碎サンプルの白米アミロース含有率をオートアナライザーⅡ型（ブラン・ルーベ社製）により測定した。さらに、食味計（トーヨー味度メーターMA-90B 東洋精米機製作所社製）を用いて食味評価の指標となる味度値を測定した。

4. データの解析方法

各地の普通期栽培における移植および直播水稻の

収量および品質関連形質の比較を行うとともに、各形質の変動要因を他作期（早期、晩期）も含めたデータを用いて解析した。なお、統計検定はt検定により、栽培法間差を評価した。

Ⅲ 結果と考察

1. 直播水稻の収量性に関する特性

3カ年の収量性（普通期栽培）の栽培法間差を表31にまとめた。直播栽培の出穂は、各年次の平均値で5～10日、平均約7日移植栽培と比較して遅れ、これに対応して出穂後40日間の平均気温は約1℃低下した。また、収量および収量構成要素については、年次により程度は若干異なるが相対的な栽培法間差の傾向は一致し、年次毎の収量の平均値は直播栽培で5～14%低下した。直播栽培の穂数は移植栽培との差が小さかったが、1穂粉数の減少が顕著であり、これにより総粉数が減少したことが減収の主要因と推察される。本試験の一部地域で調査された穂揃い期乾物重は直播栽培で低下したこと（データ省略）、出穂期の1茎重と1茎当たり粉数の間に密接な正の相関関係が認められる（Shiratsuchi *et al.* 2007）こ

とから、上記のような1穂粉数の減少は、直播栽培における出穂期までの生育量の減少が関連しているものと推察される。

一方、登熟歩合は移植と直播で同程度であったものの、千粒重は直播栽培で高まった。このような直播栽培における千粒重の増大は、品質面での向上要因と考えられた。なお、試験事例の多かった「あきたこまち」と「ひとめぼれ」について登熟気温と登熟性との関係を図26に示したが、出穂後40日間の平均気温が20℃以上の範囲では、「あきたこまち」、「ひとめぼれ」ともに登熟気温の低下による登熟度（登熟歩合×千粒重）の顕著な低下は認められなかった。このように、直播栽培では登熟気温の低下を生じるものの、上記のような粉数の減少により登熟に対する影響は小さいものと推察された。

2. 直播水稻の品質に関する特性

年次毎の普通期栽培の品質関連形質を表32に取りまとめた。品質についても年次により程度は若干異なるが相対的な栽培法間差の傾向は一致した。すなわち、直播栽培では移植栽培と比較して玄米タンパク含有率が同程度～低下、アミロース含有率は同程

表30 解析に用いた試験地域、年次と供試品種

試験場所	2004年		2005年		2006年	
1 青森県農林総合研究センター	つがるロマン	ゆめあかり	つがるロマン	ゆめあかり	つがるロマン	ゆめあかり
2 岩手県農業研究センター	あきたこまち	ひとめぼれ	あきたこまち	ひとめぼれ	あきたこまち	ひとめぼれ
3 宮城県古川農業試験場	ひとめぼれ	まなむすめ	ひとめぼれ		ひとめぼれ	まなむすめ
4 秋田県農林水産技術センター	あきたこまち		あきたこまち		あきたこまち	
5 山形県農業総合研究センター	あきたこまち	はえぬき	あきたこまち	はえぬき	コシヒカリ	
6 福島県農業総合センター			コシヒカリ		ひとめぼれ	コシヒカリ
7 福島県農業総合センター会津地域研究所			ひとめぼれ	ふくみらい	コシヒカリ	
8 福島県農業総合センター浜地域研究所	あきたこまち	ひとめぼれ	あきたこまち	ひとめぼれ	あきたこまち	ひとめぼれ
9 東北農業研究センター	あきたこまち	ひとめぼれ	あきたこまち	ひとめぼれ	あきたこまち	ひとめぼれ

表31 東北各地の移植・直播普通期栽培における出穂期および収量関連形質

年次	栽培法	移植・ 直播日 (月.日)	出穂期 (月.日)	登熟気温 40日 (℃)	精 玄米重 (g/m ²)	同左 指数	穂数 (本/m ²)	1穂 粉数	総 粉数 (×千/m ²)	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)
2004 (n=13)	移植	5.16	8.2	22.9	604	(100)	455	72.8	32.8	85.0	22.9
	直播	5.9	8.7	22.0	518	86	431	64.8	27.8	84.8	23.4
	有意差				**		ns	*	**	ns	*
2005 (n=17)	移植	5.17	8.1	24.1	596	(100)	449	73.9	33.1	86.2	22.1
	直播	5.6	8.12	23.3	530	89	421	69.2	28.9	86.5	23.0
	有意差				**		ns	*	**	ns	**
2006 (n=13)	移植	5.18	8.9	23.0	574	(100)	435	71.8	31.1	89.8	22.3
	直播	5.10	8.15	22.0	545	95	419	64.2	26.3	90.6	23.3
	有意差				ns		ns	ns	*	ns	**

注. 精玄米は粒厚1.90mm以上、水分15%換算。**, * : 1%および5%水準で有意差有り。ns有意差無し。

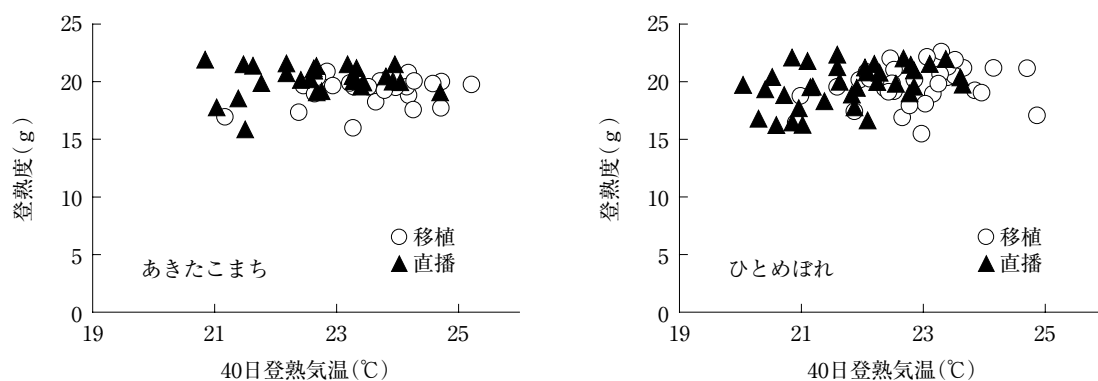


図26 登熟気温と登熟度との関係

登熟度（算出式＝登熟歩合×千粒重/100）は登熟性の指標。40日登熟気温：出穂後40日間の平均気温。

度～増加、味度値は向上傾向、整粒歩合は若干増加傾向で未熟粒は減少傾向となった。また、玄米粒形については「長さ」や「幅」が直播栽培で増大する傾向が確認された。これらの形質のうち直播栽培における玄米タンパク低下は味度値の向上に関連したと考えられる。また、玄米粒形の大型化は前述の千粒重の増加と関連するとともに、整粒歩合の増加（未熟粒の減少）に寄与したものと推察される。

直播栽培では2次枝梗着生割合が相対的に低かった（表32）が、これは1穂粒数の減少によると考えられる（図27）。穂内の着粒位置の品質への影響をみるために、東北農業研究センターの2005年普通期栽培での調査結果を表33に示した。2次枝梗着生割合の玄米を1次枝梗着生割合の玄米と比較すると、玄米粒形（長さ、幅、厚さ）が小さくなるとともに、整粒歩合が明らかに低下した。このため、直播水稻における2次枝梗着生割合の減少は、登熟歩合の安定化や整粒歩合の向上による品質の安定化に寄与する

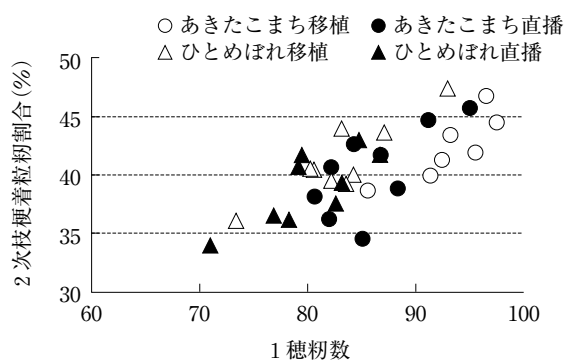


図27 1穂粒数と2次枝梗着生割合との関係

東北農研センター作期試験データ（2004～2006）。

ものと推察される。なお、食味品質に関しても、2次枝梗着生割合由来の米粒による炊飯米の食味は、1次枝梗着生割合由来のものと比較して、官能評価が低下することが報告されており（Matsue et al. 1994）、直播栽培における2次枝梗着生割合の減少は外観品質のみならず食味品質の向上にも寄与すると推察

表32 東北各地の移植・直播普通期栽培における品質関連形質

年次	栽培法	玄米 タンパク (%)	アミロー ス含有率 (%)	味度値	整粒 (%)	未熟粒 (%)	胴割れ (%)	玄米粒形			2次枝梗 着生割合 (%)
								長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	
2004 (n=13)	移植	6.1	19.6	—	84.9	11.4	2.0	5.17	2.84	1.98	38.8
	直播	6.1	19.9	—	86.7	11.5	0.8	5.27	2.86	1.96	35.1
	有意差	ns	ns		ns	ns	*	**	ns	ns	*
2005 (n=17)	移植	6.7	18.6	57.6	79.7	19.7	0.6	5.11	2.80	1.94	42.4
	直播	6.3	19.4	62.9	86.8	12.4	0.7	5.19	2.84	1.93	36.3
	有意差	**	**	**	*	*	ns	**	**	ns	**
2006 (n=13)	移植	6.3	17.5	71.9	83.5	14.2	2.4	5.10	2.81	1.98	42.5
	直播	6.1	18.9	77.3	89.8	8.8	1.4	5.16	2.86	1.98	38.3
	有意差	*	**	**	*	*	ns	*	*	ns	ns

注．表31参照。玄米タンパクは含水率15%換算、アミロース含有率（白米）は乾物換算の値。

される。

次に、登熟気温が品質関連形質に及ぼす影響について検討するために、出穂後40日間の平均気温と整粒歩合との関係を検討すると、特に出穂の早い「あきたこまち」において登熟気温の高い条件で整粒歩合の低下が認められ、整粒歩合が80%以下になる事例は移植水稻で顕著に多くなった(図28)。直播水稻における整粒歩合の安定化の要因として、直播水稻は出穂期が遅れるために登熟期間の気温が移植水

稲よりも低下し、高温条件での白未熟粒の発生による整粒歩合の低下を生じにくいことがあげられる。また、このような高温登熟による品質低下は籾数が多い条件で助長される(高橋 2006)ことから、直播栽培では移植栽培と比較して籾数が減少したことも品質の安定化に寄与しているものと考えられる。

さらに、登熟気温と粒形の関係では登熟気温が低い条件で玄米長さが増大し、大粒化につながっていることが示された(図29)。一般に登熟期の高温は

表33 着粒位置別の玄米形質の栽培法間差

年次	栽培法	あきたこまち				ひとめぼれ			
		整粒歩合 (%)	長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	整粒歩合 (%)	長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)
全 穂	移植	82.4	5.14	2.80	1.95	87.2	5.19	2.87	1.96
	直播	87.8	5.24	2.84	1.96	89.4	5.26	2.89	1.97
1次枝梗	移植	87.2	5.23	2.82	1.97	93.9	5.24	2.90	1.97
	直播	92.3	5.29	2.87	1.96	95.1	5.32	2.93	1.98
2次枝梗	移植	65.0	4.98	2.75	1.93	77.1	5.00	2.84	1.93
	直播	76.5	5.03	2.78	1.90	72.7	5.01	2.85	1.92

注. 東北農業研究センター2005年普通期データ。1.90mm篩選。

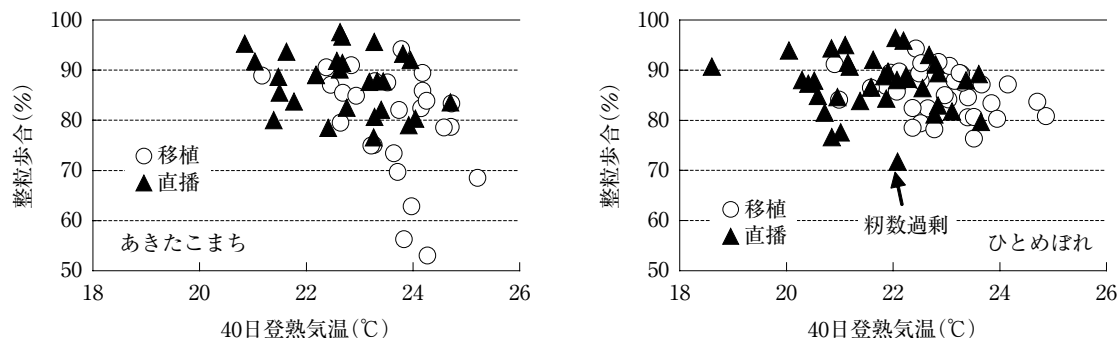


図28 登熟気温と整粒歩合との関係

40日登熟気温：出穂後40日間の平均気温。

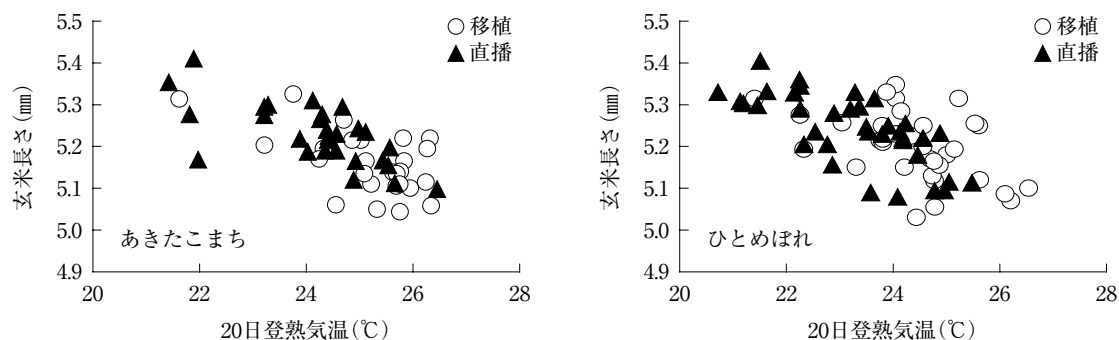


図29 登熟気温と玄米粒形との関係

20日登熟気温：出穂後20日間の平均気温。

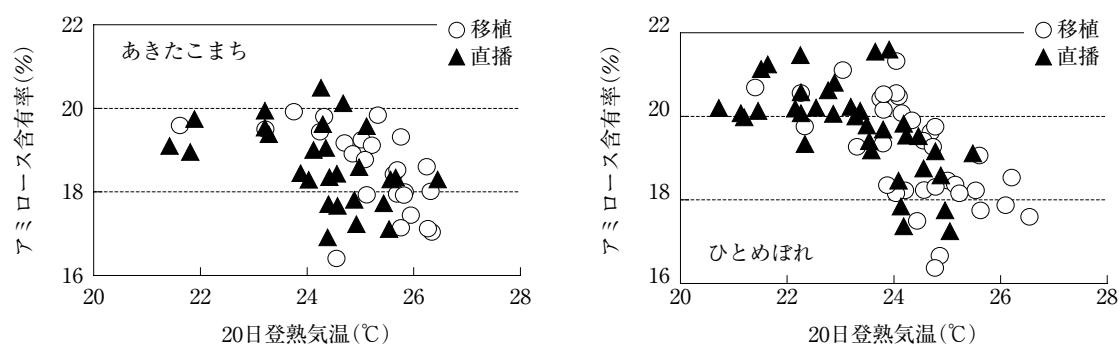


図30 登熟気温と白米アミロース含有率との関係

20日登熟気温：出穂後20日間の平均気温。乾物換算の含有率。

玄米重の低下を生じさせる（Tashiro・Wardlaw 1991）ことから、直播栽培で登熟気温が低かったことが、玄米の大型化に寄与していると考えられる。また、玄米の粒形は籾殻の大きさの影響も受ける（丸山・田中 1985）。本試験においても、籾殻が形成される出穂前5～25日の気温と玄米長さとの関係には高い正の相関関係が認められている（データ省略）。これらから、直播水稻の玄米の大型化（長さや幅の増大）には、籾殻形成時期の気温が移植水稻よりも高いこと、玄米の長さや幅が決定する登熟初期の気温が移植水稻よりも低いことが関与しているものと推察される。

アミロース含有率については、一般に登熟気温の低下による増加が、食味の低下要因になることが知られている（稲津 1988）。本試験における登熟気温とアミロース含有率との関係を図30に示した。出穂後20日間の平均気温が低下する条件でアミロース含有率が増加する傾向を示したが、同気温が23～24℃以下の条件ではアミロース含有率の増加は緩慢であるために直播栽培におけるアミロース含有率の顕著な増加は認められなかった。このために、全体の平均値（表32）における栽培法間差も小さく、直播水稻におけるアミロース含有率の増加による食味への影響は小さいものと推察された。

3. ま と め

以上のように、東北地域の直播栽培では移植栽培と比較して収量性の低下が認められたが、その主要因は1穂粒数の減少にともなう粒数不足であり、登熟歩合の低下は認められず、千粒重は増大する傾向が確認された。また、直播栽培における出穂期の遅れによる品質への悪影響は認められず、逆に出穂が早く登熟初期に高温となる移植栽培で品質低下が確

認された。さらに、直播水稻において登熟気温の低下を生じたが、食味低下につながるような白米アミロース含有率の顕著な増加は認められず、玄米タンパク含有率の低下、1穂粒数の減少による2次枝梗着生割合の低下など、品質向上に有利な特性が示された。本試験の結果を暖地（北部九州）における直播水稻の収量・品質の検討（尾形・松江 1997）と比較すると、本試験の直播栽培での減収程度が大きかったものの、1穂粒数の減少にともなう2次枝梗着生割合の低下や千粒重の増加などは共通した特性として認められている。

なお、直播栽培では移植栽培と比較して一般に耐倒伏性が低下するが、登熟期の倒伏は食味関連品質の低下を生じさせる（松江ら 1991）ため、直播水稻の品質安定化のためには、施肥や水管理等による倒伏抑制技術の適用が重要となる。

今後は、地域間差や品種間差について詳細に検討を行い、直播栽培の収量および品質安定化のための栽培法の確立につなげる必要があると考える。

引用文献

- 1) 稲津 脩. 1988. 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究. 北海道立農試報. 66: 1-89.
- 2) 丸山幸夫, 田中孝幸. 1985. 水稻の作期が生育収量におよぼす影響. 北陸農試報. 27: 80-99.
- 3) 松江勇次, 水田一枝, 古野久美, 吉田智彦. 1991. 北部九州産米の食味に関する研究 第1報 移植時期, 倒伏の時期が米の食味および理化学的特性におよぼす影響. 日作紀. 60: 490-496.
- 4) Matsue, Y.; K. Odahara and M. Hiramatsu. 1994. Differences in protein content, amylase content

- and palatability in relation to location of grains within rice panicle. *Jpn. J. Crop Sci.* 63 : 271-277.
- 5) 尾形武文, 松江勇次. 1997. 北部九州における水稲湛水直播栽培に関する研究 第3報 湛水直播栽培における米の食味と理化学的特性. *日作紀*. 66 : 214-220.
- 6) Shiratuchi, H.; Y. Odaira and J. Takanashi. 2007. Relationship between dry weight at heading and the number of spikelets on individual rice tillers. *Plant Prod. Sci.* 10 : 430-441.
- 7) 高橋 渉. 2006. 気候温暖化条件下におけるコシヒカリの白未熟粒発生軽減技術. *農業および園芸*. 81 : 1012-1018.
- 8) Tashiro, T. and I. F. Wardlaw. 1991. The effects of high temperature on the accumulation of dry matter, carbon and nitrogen in the kernel of rice. *Aust. J. Plant Physiol.* 18 : 259-265.
- 9) 吉永悟志, 長田健二, 福田あかり, 白土宏之. 2006. 寒冷地における直播水稲の品質特性. *日作紀*. 75 (別2) : 276-277.
- 10) 吉永悟志, 中林光文, 木村利行, 日影勝幸, 小田中温美, 浅野真澄, 結城裕美, 木田義信, 長田健二, 白土宏之, 福田あかり. 2007. 東北地域における水稲直播栽培導入による冷害危険期分散効果. *日作東北支部報*. 50 : 19-20.
- (吉永悟志・白土宏之・長田健二・福田あかり)